N°8 • DICIEMBRE 1998 • 350 PTAS.

Newton

El espectáculo de la ciencia

SIGLO XXI

AYERBE/D.G.P.
SUSCRIPCIONES NO VALIDAS EN ARGENTINA

EN EL CORAZÓN DE UN AGUJERO NEGRO

Qué sucede más allá del espacio y el tiempo

LOS SECRETOS DE LA GRAFOSCOPIA

Cómo aprender a leer entre líneas

LA RESURRECCIÓN DE LA MOMIA

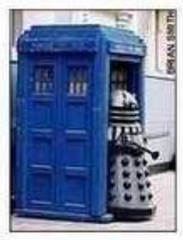
Las nuevas fronteras de la cirugía informática

La máquina de pensar

Paseo por el interior de la mente humana

ESPACIO DE PUBLICIDAD

EX LIBRIS Scan Digit



Las páginas faltantes en este número contenían publicidad en el original en papel

The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

https://labibliotecadeldrmoreau.blogspot.com/

Reflexiones al final de la 'década del cerebro'

Félix Bermejo P.*

Los avances en las neurociencias en la década pasada llevaron al Instituto Federal de Neurología e Ictus americano a proponer al Presidente Bush que la década de los 90 fuera en EEUU una *década del cerebro,* intentando con ello que se destinaran más fondos para la investigación en las neurociencias y en las enfermedades neurológicas. Se aprobó la propuesta convirtiendo a esta década en la que más recursos se han destinado para las neurociencias. Esta iniciativa ha tenido alguna repercusión en otros países y en el nuestro la SEN ha promocionado becas y premios científicos que han supuesto un razonable acicate en la investigación en esta área.

Cabe preguntarse, ¿por qué una década del cerebro? Hay muchas respuestas, pero quizá éstas sean las dos más importantes. Primera, porque las enfermedades del sistema nervioso son graves y causan una enorme pérdida de recursos sociales y económicos. Segunda porque el progreso en la terapia de estas enfermedades estaba estancado en los últimos 30 años, pero en las neurociencias básicas se habían producido avances importantes que hacían entrever la posibilidad de aplicarlos al tratamiento de estas enfermedades.

La siguiente pregunta podría ser, ¿ha merecido la pena esta década del cerebro? Mi opinión es que sí, aunque hay que matizar, quizá la mayoría de los avances se hubieran producido sin estas ayudas adicionales a la neurología y neurociencias que cuantitavamente no parece que hayan sido elevadas. Pero los avances se han producido, y comienzan a producir un sentimiento generalizado de satisfacción y esperanza. ¿Cuáles han sido estos avances? Muy numerosos. Si analizamos la situación comenzando por las ciencias básicas, que explican cómo funciona el cerebro (máquina infinitamente más compleja que el corazón o el riñón), a su aplicación a las enfermedades del cerebro, objeto de estudio de la neurología, tendríamos que reconocer que en esta década se han desvelado mecanismos importantes en el funcionamiento del cerebro que han permitido avances en la comprensión y terapia de las enfermedades neurológicas. Se han desarrollado conocimientos que han posibilitado los transplantes de neuronas de un cerebro a otro, y los factores de crecimiento nervioso que facilitan la maduración de las neuronas y su funcionalismo se han aclarado. Así, en esta década se ha producido el transplante de neuronas fetales de la sustancia negra, a pacientes con enfermedad de Parkinson, y aunque todavía es un tratamiento experimental, hoy resulta claro que es posible cultivar ciertas neuronas y transplantarlas a un cerebro enfermo y aliviarlo. Otro avance es el conocimiento de los mecanismos de modulación inmune en el sistema nervioso que tienen importancia para enfermedades autoinmunes como la esclerosis múltiple.

Quizá sean más importantes en teoría los avances en neurogenética. Hay que tener en cuenta que de los aproximadamente 75.000 genes que tiene la especie humana, entre 20.000 y 30.000 son genes necesarios para el funcionamiento del sistema nervioso, una enorme proporción si tenemos en cuenta que el cerebro pesa poco más de un kilo frente e los 60-80 kilos que pesa el cuerpo humano. No es de extrañar que muchas enfermedades neurológicas sean enfermedades neurogenéticas y que la neurogenética sea importante no sólo para realizar con precisión el diagnóstico de muchas enfermedades hereditarias como el corea de Huntington o la distrofia muscular de Duchenne, sino que permite conocer la fisiopatología de estas enfermedades (esto es, cómo una alteración genética de una proteína o de una enzima genera una enfermedad). Este conocimiento puede permitir desarrollar fármacos que eviten la enfermedad o que atenúen o retrasen sus manifestaciones, y en teoría, puede permitir una terapia génica (introducir células de otras personas que convivan con las de la persona enferma y produzcan las proteínas o enzimas que falten, o realicen otras funciones más complejas). Esta terapia génica está aún lejana pero es posible, lo mejor aún está por venir en este campo.

Otro aspecto que ha revolucionado en la práctica la neurología es el avance en la neuroimagen. La utilización casi rutinaria del escáner cerebral, la resonancia magnética del cerebro e incluso la popularización de la tomografía de emisión de protones, nos han permitido *ver* el cerebro por dentro, no sólo estático como lo puede detectar una radiografía sino en movimiento (funcionando, lo cual modifica el metabolismo cerebral que se puede visualizar). Aunque estos logros de neuroimagen no son de esta década su utilización masiva se ha producido en ella. Y ya hay terapia para enfermedades terribles como la esclerosis múltiple (inmunomodulares como los betaferones) y la enfermedad de Alzheimer (fármacos colinérgicos), y muy probablemente el ictus se pueda tratar y mejorar notablemente si se actúa en las tres pimeras horas de su aparición (fármacos fibrinolíticos). La lista de avances es muy larga...

La pregunta ¿y ahora qué? ¿hay que detener estos avances?... No nos deberíamos parar, habría que reinventar alguna estrategia para que el avance continuara... la situción actual permite una sólida esperanza.

Neurólogo. Presidente de la Sociedad Española de Neurología (SEN)

Newton
El espectáculo de la ciencia
Siglo XXI

Diciembre 1998. Año 1 - n. 8
Revista Mensual de Ciencia y Cultura
Pradillo, 42. 28002 Madrid Telf.: 91 586 43 09-25. Fax: 91 586 43 14. E-Mail: newton@el-mundo.es

Editor:
Juan Carlos Laviana

Director:
Antonio Romero

Coordinación:
Francisco Rego y José Luis Ortega

Director de Arte:
Luis M. Turnes

Redacción:
Gema Sánchez Navas,
Pilar Grosso, Ana Goñi, Lorena Ruano
y Luis Piña (Diseño)

Colaboradores:
Paloma Casado, José Manuel Vidal, Santiago Escalada, Beatriz Paredes, Alberto Luchini, Cristina Serra, Ana Marta Moreno, Andrea Frova, Alberto de las Fuentes, Josep M. Escofet, Daniel Izeddin (*Pregunte a Newton*), David Fernández (Fotografía) y Francisco Castracane (Infografía)

Exclusiva de publicidad:
Publiespaña S.A.
Mar Moreno (Directora de Publicidad)
Plaza Pablo Ruiz Picasso, s/n
Torre Picasso, Planta 14
Telf.: 91/394 05 69

Marketing:
Juan Carlos Durán

Producción:
Juan Morales

Fotomecánica:
Gama Color

Imprime:
Rotedic

Distribuye:
Unidad Editorial

Depósito Legal:
M-11659-1998

Edita:
Ediservicios M-2000
Pradillo, 42
28002 Madrid
Telf.: 91 586 43 10-25
Fax: 91 586 43 14

Administrador único:
Juan M. González Díaz

Coordinador General:
Jaime Gutiérrez-Colomer

Ediservicios M-2000
es una sociedad del Grupo
Unidad Editorial

Presidente:
Alfonso de Salas

Director Editorial:
Pedro J. Ramírez

Director General:
Balbino Fraga

Director Gerente:
Antonio Fernández-Galiano

Director Comercial:
Alejandro de Vicente

En colaboración con

Newton Press Inc. Japan.
Newton publica en exclusiva para España textos, fotos e ilustraciones de los mensuales *Newton* editados en Japón e Italia.

El nombre 'Newton' es una cortesía de Apple Computer, Inc.
Printed in Spain

18 Viaje al interior de nuestro cerebro

¿Cómo funciona el cerebro? ¿Hay diferencia según los sexos? ¿Cómo se desarolla la inteligencia? Ofrecemos todas las respuestas.

42 Cómo aprender a leer entre líneas

La escritura es un reflejo de la personalidad de cada persona. En sus trazos se esconden marcas indelebles que los expertos interpretan para descubrir delitos de falsificación.

58 La aventura espacial del premio Nobel Carlo Rubbia

El prestigioso físico italiano Carlo Rubbia acaba de presentar en Ginebra su propuesta para viajar por el espacio interplanetario acortando el tiempo invertido en los trayectos.

HOMBRE 18
¿Qué tenemos en la cabeza?
El cerebro es el órgano más complejo del ser humano y también el poseedor de la facultad que nos convierte en únicos. Todos los misterios sobre la máquina de pensar, al descubierto

GRAFOSCOPIA 42
Cómo detectar falsificaciones
Los falsificadores existen desde la Antigüedad, pero los avances científicos juegan en su contra. Así trabajan los peritos calígrafos, expertos en desenmascarar a estos maestros del engaño

FÍSICA 58
Un mes para conquistar Marte
Un proyecto revolucionario, basado en el llamado motor de fragmentos de fisión, reducirá las distancias en el Sistema Solar. Según su inventor, se podrá llegar a Marte en 30 días

ARQUEOLOGÍA 72
Sensaos, el rostro del pasado
Un año de trabajo y altísima tecnología informática han empleado un equipo de científicos para reconstruir una momia egipcia de 2.000 años de antigüedad

ZOOLOGÍA 84
La gelatina del mar
Las medusas son los organismos más misteriosos que pueblan el mundo marino por lo que los científicos se afanan en desvelar sus secretos

COMPORTAMIENTO 96
Civilización e higiene
El baño, un acto habitual en nuestros días, ha tenido, y aún tiene, distintos significados según la época y la cultura

TECNOLOGÍA 109
Bajo el control de la mente
Dentro de poco tiempo, los aparatos electrónicos obedecerán las órdenes que les dicte la mente de los usuarios. Un chip lo hará posible

sumario

BIOLOGÍA 118
En letargo para vivir
Una proteína, descubierta recientemente, encierra las claves del largo sueño invernal de algunos animales. Su aplicación a los seres humanos es objeto de múltiples estudios

ASTROFÍSICA 124
Los ladrones del universo
Nada se les resiste. Se tragan todo lo que encuentran en su radio de acción. Son invisibles a la observación directa pero no hay dudas de su presencia en el cosmos. Son los agujeros negros

SECCIONES

GOLPES DE INGENIO 8
Descubrimientos, inventos, ideas

GACETA DE LOS DESCUBRIMIENTOS 40
El diario de la historia de la ciencia

MUNDO BIT 56
Noticias del universo informático

OJO DE GALILEO 66
Fenómenos cotidianos

ZONA TEST 70
Conocerse a sí mismo

NUEVOS LIBROS 82
Títulos recientes llegados a las librerías

EN CD-ROMS 94
Las últimas novedades en multimedia

ZOOM. LA FOTOSÍNTESIS 106
Ciencia y tecnología vistas de cerca

CINECIENCIA 108
Estrenos y noticias

TECNOSHOP 116
Los productos de última generación

PREGUNTE A NEWTON 142
Respuesta a las curiosidades de los lectores

JUEGOS 146
Ponga a prueba su agilidad mental

72
La alta tecnología resucita a una momia egipcia

Se llamaba Sensaos, era hija de un alto oficial egipcio y murió en el año 109 d.C. Hoy, casi 2.000 años después, sus restos, embalsamados y conservados en el Museo Van Oudheden (Holanda), han recuperado su aspecto primitivo merced a la aplicación de una serie de técnicas sofisticadas que han creado la imagen primitiva en tres dimensiones.

84
Los misterios de las medusas

Llevan 600 millones de años poblando la Tierra y apenas sabemos nada de ellas. Tampoco han dejado fósiles que permitan estudiar su aspecto primitivo y evolución. Su vida sigue guardando múltiples enigmas.

124
En busca de los agujeros negros

Newton propone una aventura muy singular: adentrarse en el complejo mundo de los agujeros negros para desvelar todos sus secretos. ¿Qué son? ¿cómo se forman? ¿dónde se encuentran? ¿podría una nave atravesarlos?...

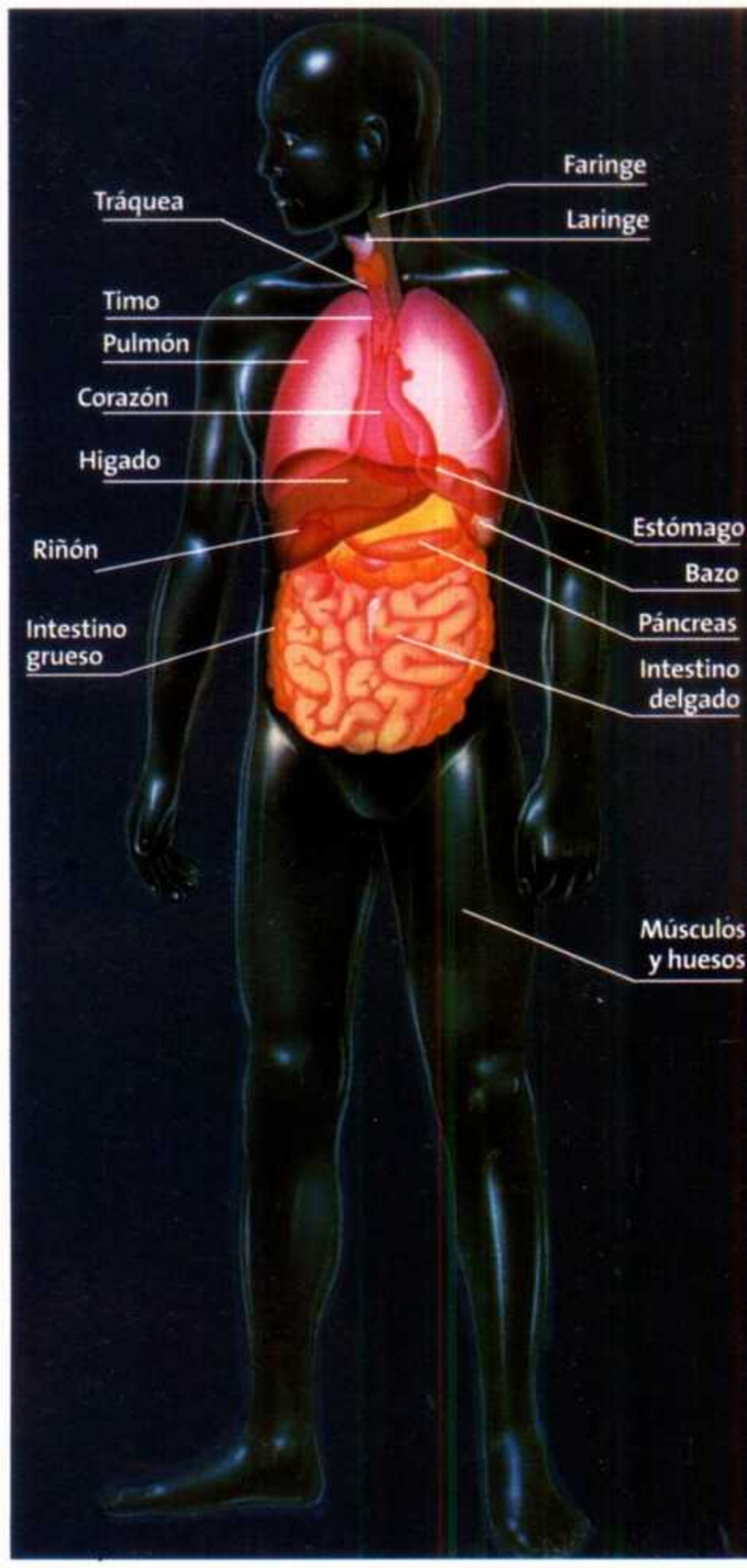
El yacimiento de ámbar encontrado en Álava, con incrustaciones de fósiles de plantas y de animales podría, según los científicos, aportar numerosas claves para determinar cómo era el clima terrestre en el pasado.

Los científicos están más cerca de conseguir tejidos humanos creados en laboratorio

Parecía un sueño imposible, de esos que ni los más atrevidos jamás llegan a creérselo del todo. Pero lo cierto es que, desde hace unos días, la posibilidad de cultivar cantidades ilimitadas de tejidos humanos en laboratorio parece cercana. Cualquier parte del cuerpo, desde el músculo cardiaco hasta la médula ósea, los intestinos o los tejidos cerebrales, podría repararse, en un plazo de tiempo no muy lejano, gracias a una nueva técnica ideada por un grupo de científicos norteamericanos. El camino seguido por los científicos de la Universidad de Wisconsin (EEUU) consiste en aislar y cultivar determinadas células de embriones humanos a partir de las cuales se desarrollan los tejidos que posteriormente dan forma a nuestro organismo. Estos resultados, publicados en la prestigiosa revista *Science*, han abierto una puerta a la obtención de órganos completos, algo con lo que, en un principio no se contaba, pero que, según los expertos, sería de gran ayuda para paliar la creciente demanda de trasplantes.

A partir de embriones humanos, los científicos pretenden obtener en laboratorio tejidos sanos de cualquier parte del organismo. Incluso, crear órganos para trasplantes.

Estos avances plantean, sin embargo, numerosos problemas éticos, sobre todo porque los cultivos celulares se han obtenido a partir de embriones humanos. Es decir, existe el temor de que con esta técnica alguien llegue a crear *bebés de diseño*. Una posibilidad que, de momento, parece inaceptable para la mayoría de la sociedad, pero que nadie descarta totalmente. Para echar más leña al fuego del debate, otro laboratorio norteamericano ha admitido haber clonado células humanas. ¿Qué pasará mañana?



El origen de los gestos

Cuando una persona habla, por muy poco expresiva que sea, suele acompañar sus palabras con gestos. ¿Cómo adquirimos este hábito? Hasta ahora se pensaba que los gestos se aprendían durante nuestra infancia por un mecanismo de imitación. Sin embargo, un nuevo estudio publicado en *Nature* viene a echar por tierra esta creencia. Según la doctora Jana M. Iverson, de la Universidad de Indiana (EEUU), las personas ciegas de nacimiento gesticulan cuando hablan. Otra posibilidad es que los interlocutores gesticulen porque entienden que así aportan más información a la persona que escucha, pero esta hipótesis no parece cumplirse cuando se observa que también se gesticula en presencia de invidentes, que no pueden ver los gestos. «Éstos son en sí mismos una parte del proceso del habla», dice Iverson, «y reflejan los pensamientos que subyacen en el discurso hablado.

Los genes femeninos, más extendidos que los masculinos

Nadie, al parecer, se lo esperaba. El doctor Vicente Cabrera, de la Universidad de La Laguna, acaba de sorprender a los investigadores al asegurar que la dotación genética de las mujeres se ha extendido más que la de los hombres a lo largo de la Historia. Esta conclusión se desprende del estudio de los caracteres genéticos heredados de las madres en el que se ha observado que existen aportaciones de numerosas razas en la mayoría de las poblaciones mundiales, algo que no sucede con los caracteres hereditarios masculinos, en los que las razas están más definidas. Esto sugeriría, en princ pio, que las mujeres ha emigrado más, o que, e la Antigüedad, cuand un pueblo vencía a otr eran esclavizadas sexua mente y podrían tene descendencia.

EL COMPORTAMIENTO HUMANO está influido, en un 50%, por la genética, según algunos investigadores. Sin embargo, la mayoría de ellos cree que no es factible hacer diagnósticos genéticos de los comportamientos.

Una luz para combatir el dolor de cabeza

Se llama *light therapy* (terapia con la luz) es la última frontera en la lucha contra el dolor de cabeza y se ha usado ya contra la depresión y el insomnio. Científicos del Centro Cefaleo de la Universidad de Turín lo han presentado en el Congreso Internacional sobre jaquecas, desarrollado en Londres el pasado mes de septiembre, tras experimentar con personas que padecen cefaleas (por estrés, por tensión muscular o jaquecas) a una terapia con exposición a una luz blanca de 2.500 lux (la unidad de medida de la intensidad luminosa) durante 30 minutos. «Después del tratamiento los ataques han disminuido en casi todos los pacientes», explica Lorenzo Pinessi, director del Centro. «No está claro el mecanismo por el cual la luz actúa sobre el dolor de cabeza. Sabemos que estimula la produción de neurotrasmisores. Uno de ellos, la serotonina, es reponsable, entre otras cosas, de la sensación de

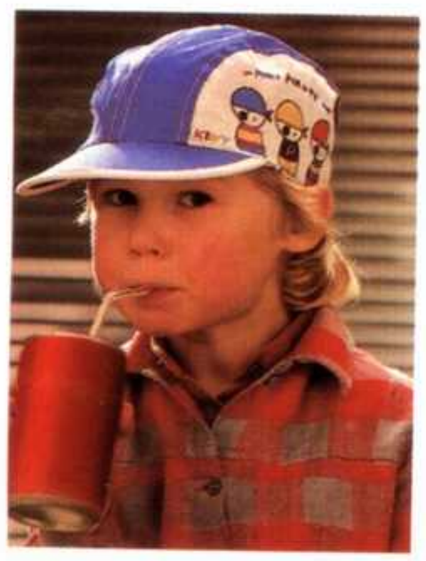
bienestar. Muchas cefaleas son de origen psicológico y dependen de formas de estrés o depresión por lo que hipotéticamente se puede decir que regulando estos neurotrasmisores se reducen los síntomas». Naturalmente el tratamiento no se produce durante el dolor, cuando los estímulos luminosos resultan insoportables.

Infrarrojos que evitan accidentes

Una tecnología por rayos infrarrojos, similar a la utilizada por los Estados Unidos en la Guerra del Golfo y en Bosnia, estará dentro de poco disponible para instalar en los automóviles. Se trata de un sistema que de noche avisa a los conductores de obstáculos eventuales. El artilugio, desarrollado por la empresa Raytheon Systems, se instala dentro del radiador y utiliza una telecámara de rayos infrarrojos que envía imágenes en blanco y negro a una pequeña pantalla situada en la parte inferior del parabrisas de manera que las imágenes por infrarrojos se reciban al mismo nivel de las percibida por el conductor. El sistema está capacitado para detectar objetos o personas hasta a 150 metros de distancia. El dispositivo lo instalará la General Motors en el Cadillac De Ville que veremos rodar a partir del año 2000.

Mucha bebida con cafeína y... adiós concentración

Los niños que toman muchas bebidas con cafeína, aunque sea de modo esporádico, tienen dificultades para concentrarse y problemas de rendimiento en la escuela. La alarma la ha lanzado la Sociedad Americana de Psiquiatría Infantil. El consumo de bebidas con cafeína es un hábito difícil de combatir en los Estados Unidos, donde el 98% de los niños y adolescentes lo toman al menos una vez a la semana. Según los psiquiatras,



los mayores daños llegan cuando el alto consumo (dos o tres latas diarias) se interrumpe. En estos casos se ha observado un significativo retraso en los exámenes a los que se someten los muchachos. Al reanudar el consumo no se recupera la capacidad de concentración sino que se tarda en conseguirlo al menos una semana.

El comportamiento sexual y su control

Investigadores del Instituto de Tecnología de Georgia (EEUU) han encontrado que las neuronas sensoriales que se encuentran en las extremidades de los animales invertebrados son claves para determinar los comportamientos sexuales, un papel biológico que hasta ahora se había asociado al sistema nervioso central del organismo. Los científicos han llegado a estas conclusiones con una serie de experimientos fisiológicos y de comportamiento que reproducen artificialmente distintos comportamientos sexuales en los crustáceos machos, al transplantarles las extremidades de las hembras. Estos trabajos suponen una oportunidad sin precedentes para ahondar en la reproducción de los comportamientos y en la forma de ensamblaje de los sistemas sensoriales. Según el doctor Marcd Weissburf, profesor de la Facultad de Biología del Instituto de Tecnología de Georgia, estos experimentos pueden servir de base para estimular la regeneración del tejido neural en los vertebrados, incluidos los humanos, que normalmente no son capaces de regenerarse.

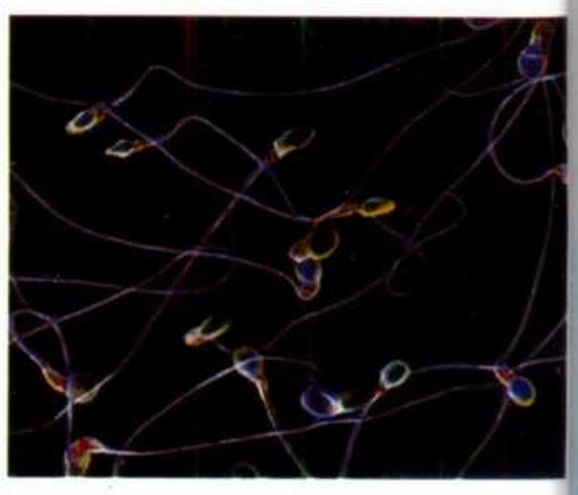
Científicos españoles han descubierto cómo una proteína llamada desmina fortalece las fibras musculares y permite que éstas se desarrollen con normalidad. Hasta ahora se desconocía la importancia de esta proteína.

Descubierto en la Amazonia un escorpión que emite descargas eléctricas

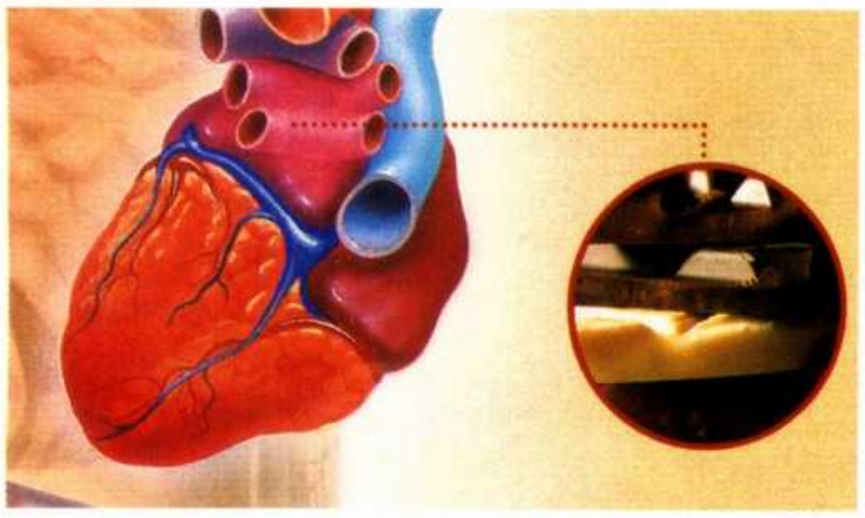
Un escorpión de una especie hasta ahora desconocida que cuando pica provoca la misma sensación que una descarga eléctrica de 220 voltios ha sido descubierto por científicos brasileños en la Amazonia. La existencia de este escorpión 'eléctrico' que hasta el momento sólo era conocido por los relatos de sus presuntas víctimas se consideraba en el mundo científico como fruto de una leyenda. Pero los investigadores del Instituto Butantan de Sao Paulo, en Brasil, especializado en el estudio de animales venenosos, han logrado por fin capturar un ejemplar. El escorpión (en la foto mientras una investigadora le extrae el veneno) mide algo más de ocho centímetros y, por consiguiente, es el más grande de los animales de su especie presentes en Brasil. Según los primeros análises, el *Titius cambridgei*, como ha sido bautizado científicamente, no emite una verdadera descarga eléctrica similar a la que lanzan algunos peces presentes en la misma región, pero inyecta un veneno que provoca espasmos musculares y una sensación de quemazón muy similar a una corriente eléctrica de alto voltaje. Siempre según los estudiosos del Instituto Butantan, la picadura del escorpión eléctrico no es mortal y el veneno desaparece después de unos días sin dejar consecuencias.

Un censo para los espermatozoides

Se ha puesto en marcha el primer censo mundial de espermatozoides, para averiguar cual debe ser su concentración normal en el semen masculino. Según Secondo Stewart Irvine, responsable del Medical Research Council de Edimburgo, en Escocia, la investigación ayudará a individualizar las causas de la progresiva disminución de la fertilidad masculina, fenómeno mundial ligado al aumento de la contaminación y de los tumores en los testículos. El problema ha alcanzado en Gran Bretaña dimensiones preocupantes: la probabilidad de que un hombre desarrolle un tumor de testículos se ha duplicado entre 1962 y 1986 (10 casos al año por cada 100.000 habitantes).



Todavía más preocupantes son los datos de Finalndia (25 de 100.000). El estudio, que se repetirá cada 10 años, está ya en marcha en Escocia, Dinamarca, Francia, Finlandia, Japón y Estados Unidos.

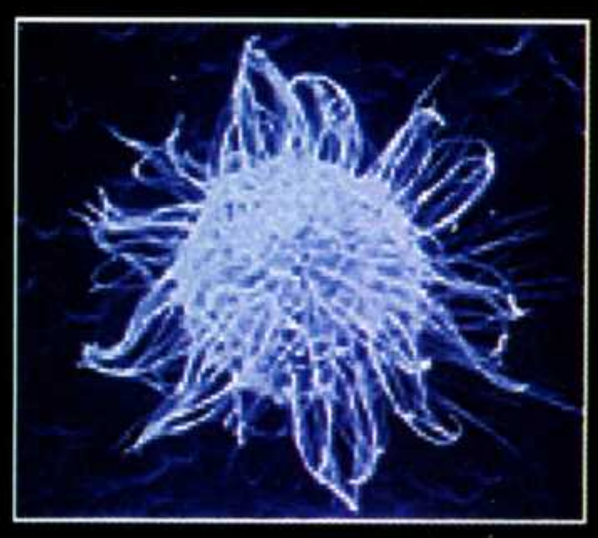


El chocolate protege al corazón

Por fin, una noticia esperada: el chocolate es bueno para la salud. Investigadores australianos sostienen que algunas grasas saturadas –tradicionalmente consideradas un riesgo para las dolencias cardiovasculares– protegen de la trombosis. La sustancia en cuestión es el ácido esteárico, presente en el chocolate. «Este alimento ha sido considerado dañino para aquellas personas con problemas cardiovasculares, a causa de su alto contenido en grasas saturadas», ha declarado Alan Turner, director de la investigación. «Sin embargo, el chocolate es muy rico en ácido esteárico, gracias a la mantequilla y el cacao, que ayuda a prevenir la formación de coágulos sanguíneos.

La picadura de un microorganismo provoca locura

Investigadores estadounidenses han descubierto un microorganismo que vive en el agua de mar y cuya picadura venenosa provoca una especie de locura. Hasta ahora este microorganismo ha golpeado sólo en los Estados Unidos pero, según informaciones de la revista médica inglesa *Lancet*, algunos ejemplares ya han sido localizados en las costas británicas. En el otoño de 1996, los pescadores de la zona del estuario del Pocomoke, en la bahía de Cesapeake, en el estado de Maryland, notaron que los peces nadaban de un modo extraño y sus cuerpos mostraban señales de lesiones. En el mismo periodo algunos pescadores denunciaron que padecían dolores de cabeza, diarreas, pérdidas de peso e irritaciones cutáneas, acompañadas de sensación de desorientación espacio–temporal y pérdida de memoria. Al año siguiente en la misma región se produjo una mortandad de peces extraordinaria e inesperada pero que Glenn Morris y sus colegas de la Universidad de Maryland imputaron al *pfesiteria piscicida* (**en la foto**), un protozoo del orden de los dinoflagelados, caracterizado por un cuerpo central de forma regular cubierto de una espesa membrana protectora y dotado con un apéndice afilado, el flagelo, que le sirve para atacar o defenderse. Los dinoflagelados producen algunas de las sustancias más tóxicas para el hombre. Los síntomas que provoca la picadura del *pfesiteria*, según Morris, definen un nuevo síndrome cuyos síntomas, por fortuna, no son irreversibles.



UNOS 200 FÓSILES de 14 millones de años han sido hallados en Somosaguas (Madrid). Son restos de animales tan diferentes como musarañas o mastodontes. Se cree que el yacimiento contiene más de 1.000 piezas.

Un parásito aletargado, arma letal de Tutankhamon

La 'maldición de Tutankhamon' es una leyenda nacida después del descubrimiento, acaecido en 1923, de la cámara sepulcral del faraón: 23 de las personas que participaron en aquellas excavaciones murieron en pocos años a causa de enfermedades misteriosas. Los científicos siempre se han preguntado si era posible que un parásito, sobreviviente en alguna clase de letargo, se despertara comenzando a golpear a los nuevos huéspedes con una violencia muy superior a la que tenía antes de su inactividad. Estas preguntas se las ha hecho también Sylvain Gandon, de la Universidad Pierre y Marie Curie de París y su respuesta ha sido afirmativa. En 1996 algunos investigadores habían transformado en un modelo matemático la hipótesis por la cual la capacidad de un microorganismo aletargado aumentaba su virulencia. Gandon ha ampliado esta teoría imaginando que un huésped podría recibir del parásito infecciones múltiples. En este caso la situación del infectado se agravaría al desencadenarse una lucha entre las diversas cepas del parásito. En organismos cuya virulencia no está ligada a la capacidad de difundirse, el letargo tiene la función de aumentar su peligrosidad hacia los organismos que infecta. La apertura de la tumba pudo haber despertado a un parásito inofensivo pero que, después de un letargo de siglos, se convirtió en un arma letal.

Motores para facilitar los amerizajes de emergencia

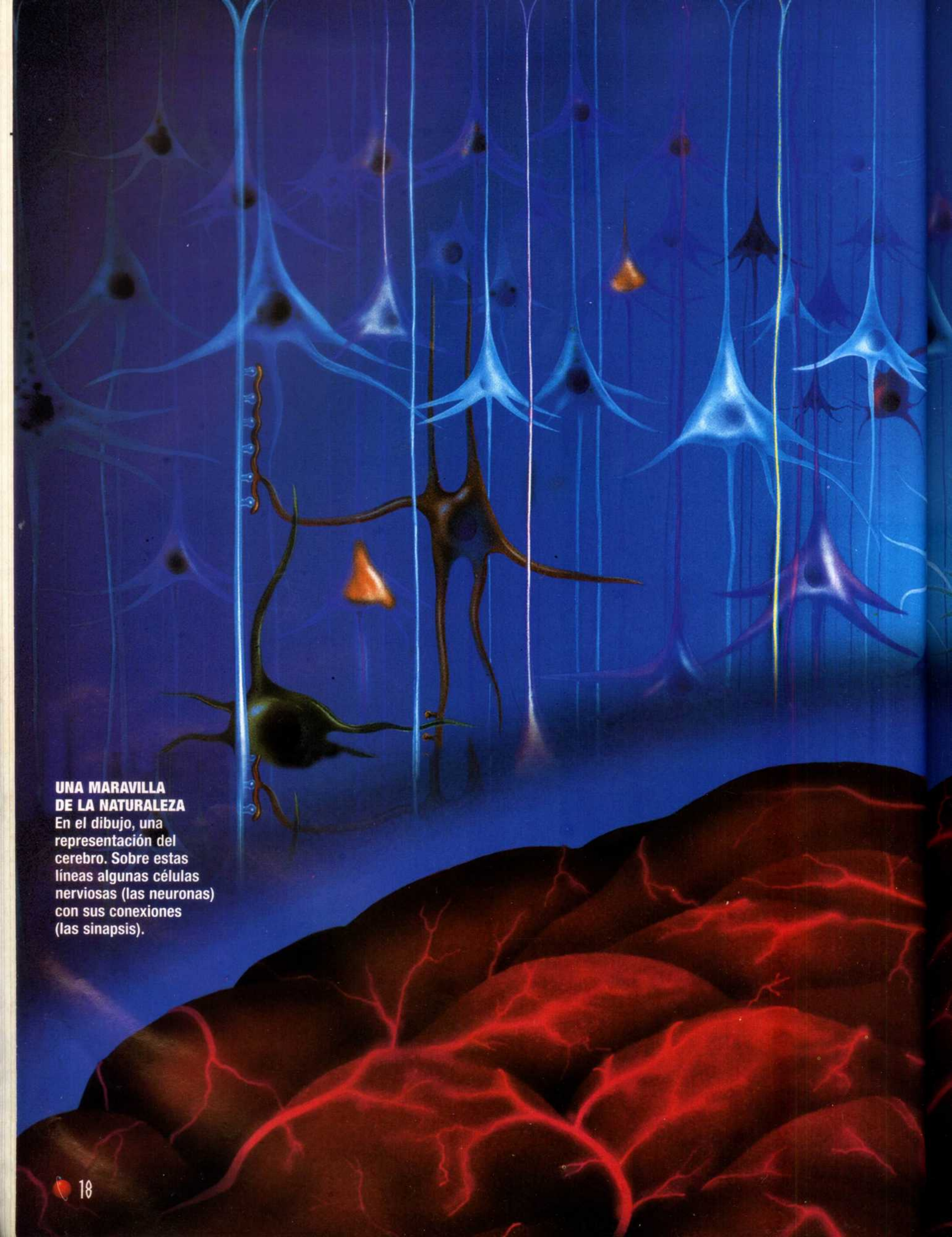
Incidentes como el del MD11 de la Swissair, que el pasado mes de agosto se precipitó en el Atlántico con 229 pasajeros, podrían no repetirse. Actualmente, los aviones de línea se proyectan para que floten el tiempo necesario para evacuar a los pasajeros, pero esta situación se refiere a un amerizaje suave, mientras que en condiciones de emergencia el avión cuando impacta con el agua se rompe y se hunde casi instantáneamente. Al tocar el agua a 150 km/h, el mar presenta una consistencia similar a la del cemento. Las autoridades aeronáuticas estudian normas que permitan a un aeroplano amerizar y permanecer íntegro el mayor tiempo posible, incluso en emergencias. Lo primero que se hará afectará a los motores, que funcionan como frenos gigantescos y que se instalarán para que se desprendan al contacto con el agua sin dañar las alas. También los *flap* deberán soltarse sin afectar a la estructura del aeroplano. Un avión flota gracias a las alas por lo que deben permanecer íntegras el mayor tiempo posible.

La capacidad de leer de los niños depende de la estructura de su cerebro

Después de siete años de intensos trabajos, un grupo de investigadores del Instituto del Cerebro de la Universidad de Florida (EEUU) ha llegado a la conclusión de que tanto la estructura del cerebro como el ambiente en los que el niño se desenvuelve habitualmente tienen relación con la adquisición de habilidades claves para aprender a leer. En el estudio han participado 39 estudiantes, desde el jardín de infancia hasta el sexto curso de la escuela primaria. Empleando escáneres, los científicos han medido el tamaño del lóbulo temporal en ambos lados del cerebro, un área que se sospecha que juega un importante papel en el desarrollo del lenguaje. Los resultados indican que la capacidad de leer depende de la relación entre la preferencia manual y la dirección de la asimetría del cerebro. Los niños diestros, cuyo lóbulo temporal izquierdo era mayor que el derecho, mostraron más capacidad para leer.

Cerca de 60 especies de primates están en peligro

El Centro Nacional de Primates (CENP), en el estado brasileño de Pará, está realizando una serie de trabajos con el objetivo de asegurar la supervivencia de casi la mitad de especies de primates conocidas en la Amazonia brasileña. El CENP ha abierto al público una exposición permanente que muestra 11 de las 32 especies de monos con las que cuentan, entre los que destacan el mico-leaozinho, uno de los monos más pequeños del mundo, con 12,5 centímetros y 75 gramos, o el guariba, especie en vías de extinción y una de las que ocupan los trabajos de cría y procreación en cautiverio. Además de los estudios de comportamiento de los primates, en el citado centro también se ha creado un banco de semen para la reproducción con el fin de asegurar la continuidad de las especies de estos monos tropicales.



UNA MARAVILLA DE LA NATURALEZA
En el dibujo, una representación del cerebro. Sobre estas líneas algunas células nerviosas (las neuronas) con sus conexiones (las sinapsis).

¿Qué tenemos en la cabeza?

¿Cómo funciona nuestro cerebro? ¿Cómo se desarrolla la inteligencia? ¿Hay diferencias entre hombres y mujeres? Éstas son algunas de las preguntas que se plantean sobre el órgano más complejo del ser humano, poseedor de la facultad que nos convierte en únicos

POR LITA SANTOCANALE RIGGIO

Mientras leemos estas líneas, miles de millones de moléculas e impulsos eléctricos, que viajan a 130 metros por segundo, circulan por nuestro cerebro. A través de mecanismos que aún no están claros, el juego de estas moléculas y el vaivén de los impulsos eléctricos nos permiten reconocer las letras que leemos, a continuación las palabras con su significado y, por último, los conceptos que expresa cada frase. También podemos relacionar estos conceptos con nuestra propia experiencia para formarnos opiniones y para memorizar las nuevas informaciones. Al mismo tiempo, el cerebro trabaja para mantener vivo nuestro organismo, nos permite movernos, respirar, mantener una temperatura corporal y, a la vez, vigila, a través de los sentidos, las posibles modificaciones del ambiente que nos rodea.

Los mecanismos de este extraordinario y, en apariencia, caótico proceso sólo han sido parcialmente descubiertos. Sin embargo, los avances de la investigación y de los instrumentos que permiten visualizar la actividad cerebral están abriendo nuevos caminos en este ámbito: la exploración de un órgano de forma tan sencilla y de funcionamiento tan complejo.

El motor de nuestro mundo

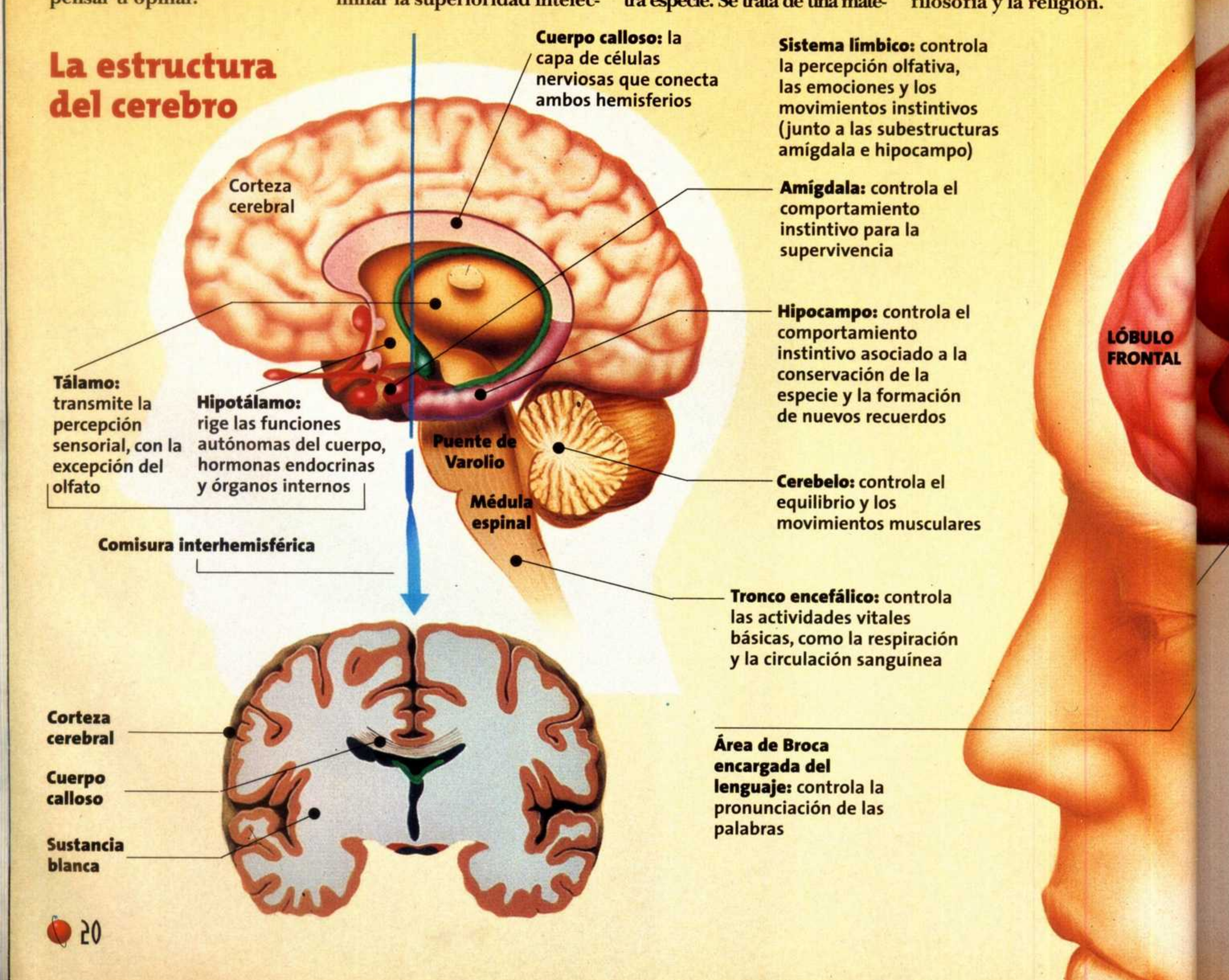
Poco más de un kilo de materia gris (una media de 90 gramos más en el hombre que en la mujer) conforma el centro de la vida biológica y social del ser humano. La parte más *noble* del cerebro está en su periferia, es decir, en la región externa. Se trata de la corteza cerebral, la sustancia gris formada por miles de millones de células nerviosas (las neuronas) que se encargan de supervisar las actividades cognitivas e intelectuales, tales como reconocer, pensar u opinar.

Junto a la materia gris se halla la sustancia blanca, compuesta por fibras nerviosas que van de la corteza hacia el interior, poniendo en contacto ambos hemisferios o distintas zonas del mismo. Estas conexiones son muy valiosas ya que ambos hemisferios se dividen en cierta forma las tareas y, a su vez, el interior de cada uno está distribuido en varias zonas y áreas corticales. Cada una de ellas, como puede verse en el gráfico, tiene una función y un papel que contribuyen a determinar la superioridad intelectual del ser humano en la escala evolutiva.

El volumen del cerebro puede parecer muy modesto, pero la corteza cerebral cuenta con una estructura tan rica en circunvoluciones que resulta muy vasta, y la complejidad de su articulación constituye precisamente la clave no sólo de la superioridad del género humano, sino también de la infinita variedad de pensamiento, inteligencia o comportamiento que hacen único a cada representante de nuestra especie. Se trata de una materia gris, elástica, que evoluciona a lo largo de nuestras vidas, desarrollando características propias de cada individuo, tanto que incluso entre gemelos idénticos, criados en el mismo ambiente, se pueden encontrar diferencias de pensamiento y comportamiento.

En el cerebro también se encuentran las razones sentimentales, ya que es dueño de la percepción y del control de las emociones, hasta esa línea límite entre la materia y el espíritu que se extiende hasta la filosofía y la religión.

La estructura del cerebro



CADA UNA CON LA SUYA. En las cuatro grandes zonas (lóbulos) en las que puede dividirse la corteza cerebral –lóbulo frontal, parietal, occipital y temporal– se han identificado subdivisiones, denominadas áreas corticales, que se distinguen según su actividad y estructura. Existen diferentes criterios de subdivisión de las zonas. Una escuela alemana llegó a identificar hasta 52, denominándolas con una sucesión numérica: primera zona, segunda zona, tercera zona, etc. La ilustración reproduce el mapa empleado, por lo general, para comprender las funciones básicas de la corteza cerebral. A cada área le corresponde una función, a la espera de posteriores descubrimientos procedentes del amplio campo de investigaciones en curso. En realidad, las divisiones no son tan simples ya que entre cada área existe un complejo sistema de integración con las demás.

Área asociativa frontal: sistema de control de la actividad de los individuos. Compara las informaciones recibidas de los sentidos con las informaciones almacenadas en la memoria para decidir cuál es el comportamiento que debe adoptar. Por lo tanto, produce las informaciones nerviosas adecuadas para ese comportamiento y envía las órdenes correspondientes a la zona asociativa motora. El pensamiento, la deducción o la lógica son algunos de sus campos de acción

Área asociativa motora: se activa para mover las articulaciones como consecuencia de un estímulo enviado por los órganos de los sentidos y predispone el orden de las secuencias de movimientos que deben realizarse a continuación

Área óculo-motora: se activa para dirigir la mirada a una zona determinada del campo visual

Área motora: ordena los movimientos de los músculos

Área sensitiva primaria: reacciona a los estímulos mecánicos procedentes de la piel y las articulaciones, identificando su situación y fuerza

Cisura central

Área asociativa de la sensibilidad corporal: interpreta y resuelve la complejidad de las relaciones entre los estímulos mecánicos recibidos del cuerpo

Área asociativa parietal: recibe las informaciones visuales espaciales y define la posición e identidad del objeto; conecta la sensibilidad corporal a la vista y el oído

LÓBULO PARIETAL

Área auditiva: recibe los sonidos procedentes del oído y distingue su identidad y frecuencia

Área visual primaria: descompone la información visual procedente de la retina en elementos 'tipo' color, inclinación, etc. Después transmite toda la información a la región asociativa visual

LÓBULO OCCIPITAL

LÓBULO TEMPORAL

Cisura de Silvio

Área asociativa visual secundaria: tiene la misión de definir la profundidad

Área asociativa temporal inferior: distingue y memoriza los colores y formas del objeto visualizado. También conocida como área asociativa visual superior

Área asociativa temporal superior: distingue y memoriza los sonidos. También llamada área asociativa auditiva

Cerebro de reptil

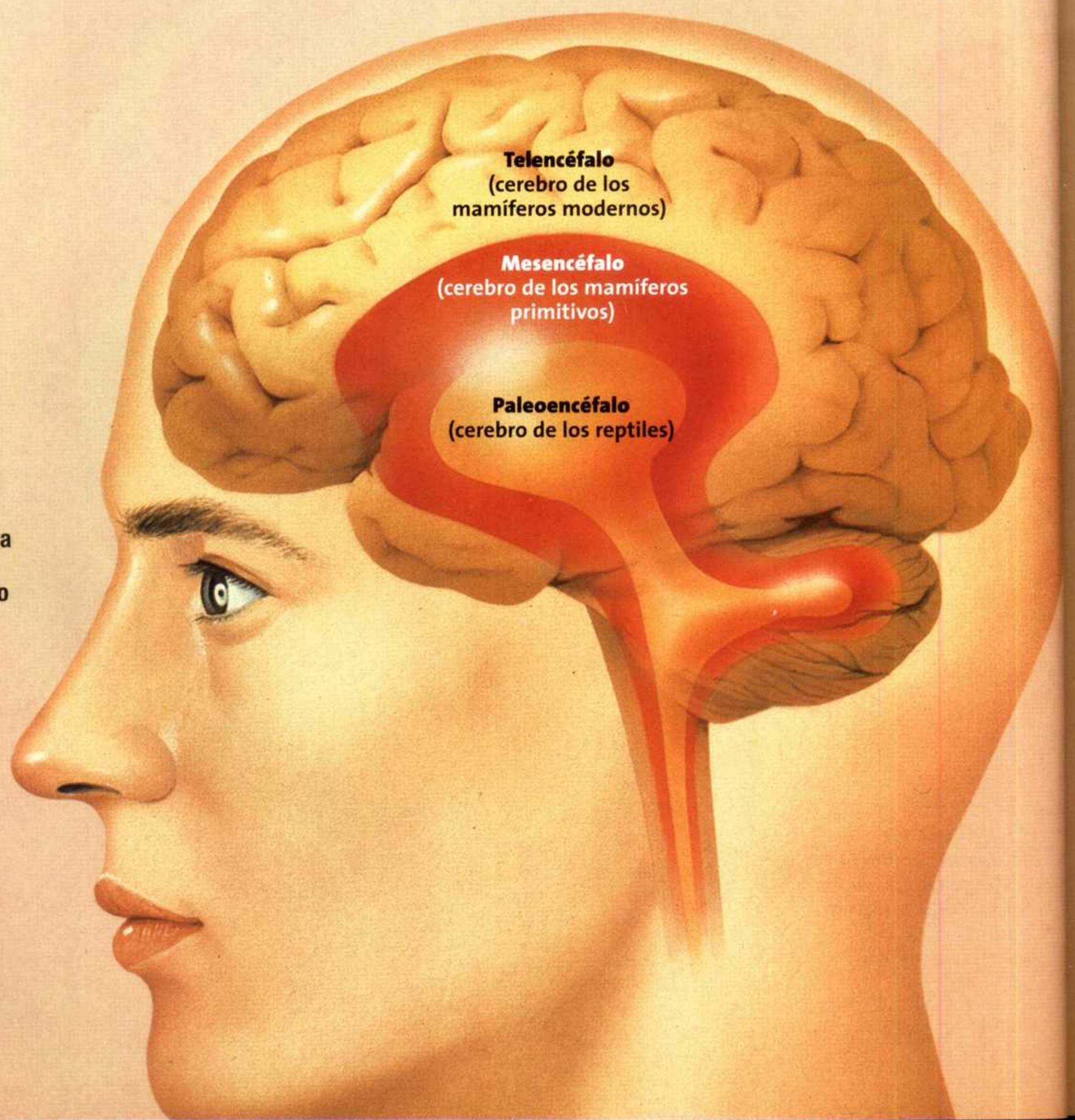
Podemos considerar a las distintas partes de nuestro cerebro, cada una con su función precisa, como el resultado del discurrir de la vida sobre la Tierra, ya que son el reflejo de una lenta evolución, que va desde los seres dotados de un sistema nervioso primitivo hasta los propios seres humanos. Algunas de estas partes son muy antiguas, mientras que otras se han desarrollado de forma especial en el hombre. El cerebro se puede describir como una estructura compuesta por tres capas superpuestas: una arcaica (propia de los reptiles) otra intermedia (típica de los mamíferos) y una mucho más reciente. Por lo tanto, tenemos en la base el llamado cerebro de reptil o paleoencéfalo, que en el hombre corresponde al tronco cerebral, encargado de la función primaria: preservar la vida.

La dictadura del instinto de supervivencia llevó al control de los movimientos instintivos y de las emociones, con lo que se produjo la aparición de un nuevo estrato cerebral, el mesencéfalo o cerebro de mamífero primitivo, que en el hombre corresponde al sistema límbico.

Con la aparición de los mamíferos superiores, desde los primates al hombre, se añadió el estrato que controla las funciones superiores, el telencéfalo o cerebro de los mamíferos modernos, que corresponde a la corteza cerebral situada sobre el sistema límbico. En ella está la clave de la inteligencia.

El nuevo estrato no ha destruido a los anteriores, aunque la evolución sí que los ha ido *limando*. El comportamiento humano es el resultado de la interacción de estos estratos que, como ya hemos visto, controlan los instintos, las emociones y la racionalidad.

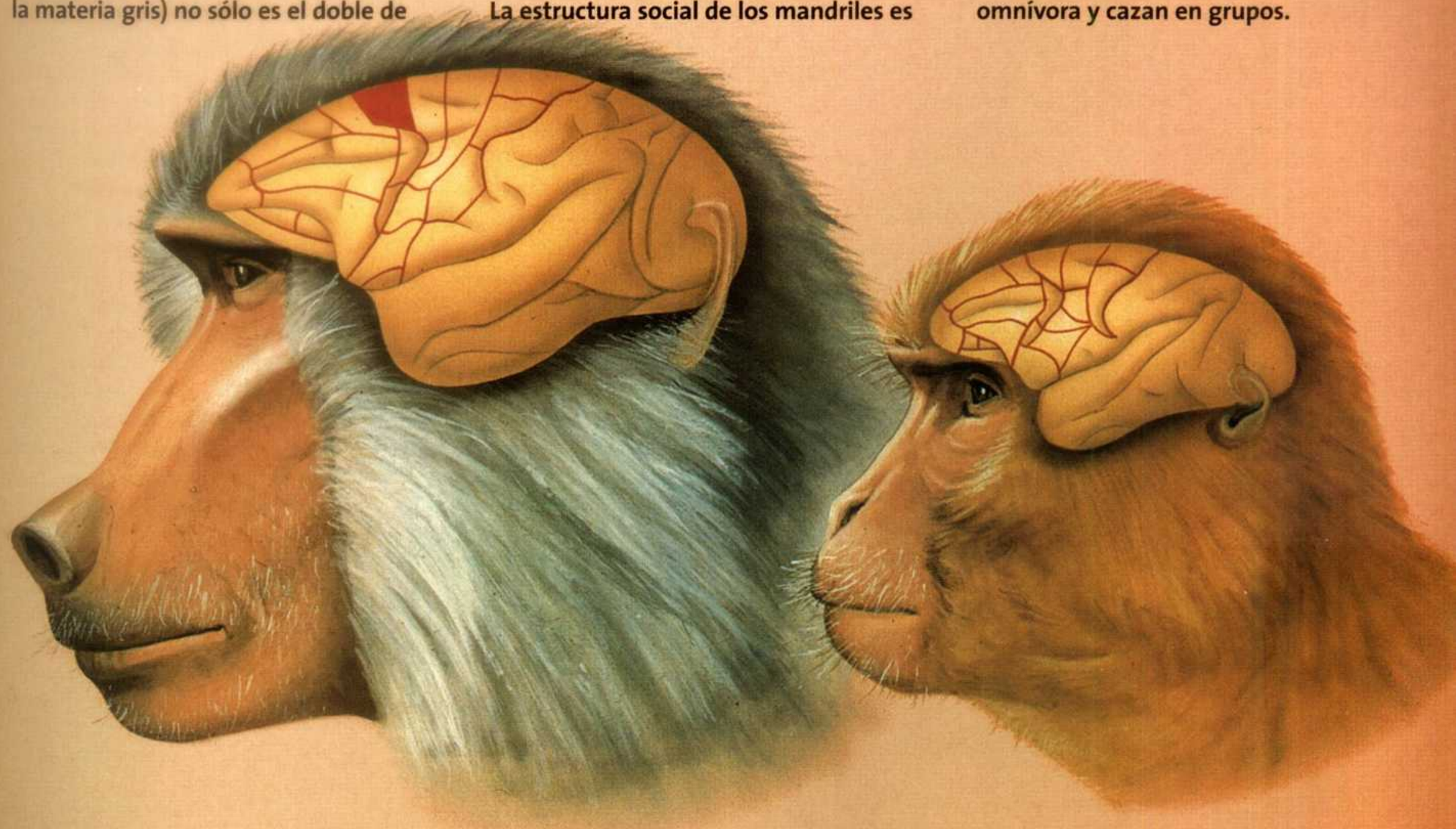
La nueva corteza cerebral de los seres humanos tiene un tamaño tres veces mayor que el de los actuales chimpancés, pero además los hombres cuentan con regiones de materia gris inexistentes en los monos antropomorfos, y es probable que en los australopitecos tampoco existiera la región cortical responsable del lenguaje.



TRES EN UNO. La suma del cerebro de los reptiles, el de los mamíferos primitivos y el de los mamíferos modernos es (del interior al exterior) una síntesis de la evolución cerebral que ha desembocado en el ser humano. El cerebro de los reptiles es indispensable para las funciones vitales básicas, el de los mamíferos primitivos controla los movimientos instintivos y las emociones y en el de los mamíferos modernos residen las funciones intelectuales superiores. En realidad, la evolución ha modificado también las partes más antiguas de nuestro cerebro.

La evolución social y del comportamiento

• **Si comparamos** los cerebros de dos monos catarrinos (con la nariz hacia abajo) podemos observar un elemento fundamental en la evolución del cerebro. En el mandril más evolucionado (*Papio hamadryas*), la corteza cerebral (sede de la materia gris) no sólo es el doble de grande que la del Rhesus (*Macaca rhesus*), sino que tiene una región más, destacada en rojo en el dibujo. A la evolución cerebral, tanto en cantidad como en funciones, corresponde una evolución social y del comportamiento. La estructura social de los mandriles es mucho más compleja y está más articulada, y es probable que se haya desarrollado en función del ámbito en el que se procuran el alimento. Si hay escasez de agua, excavan hoyos hasta encontrarla, se han adaptado a una dieta omnívora y cazan en grupos.



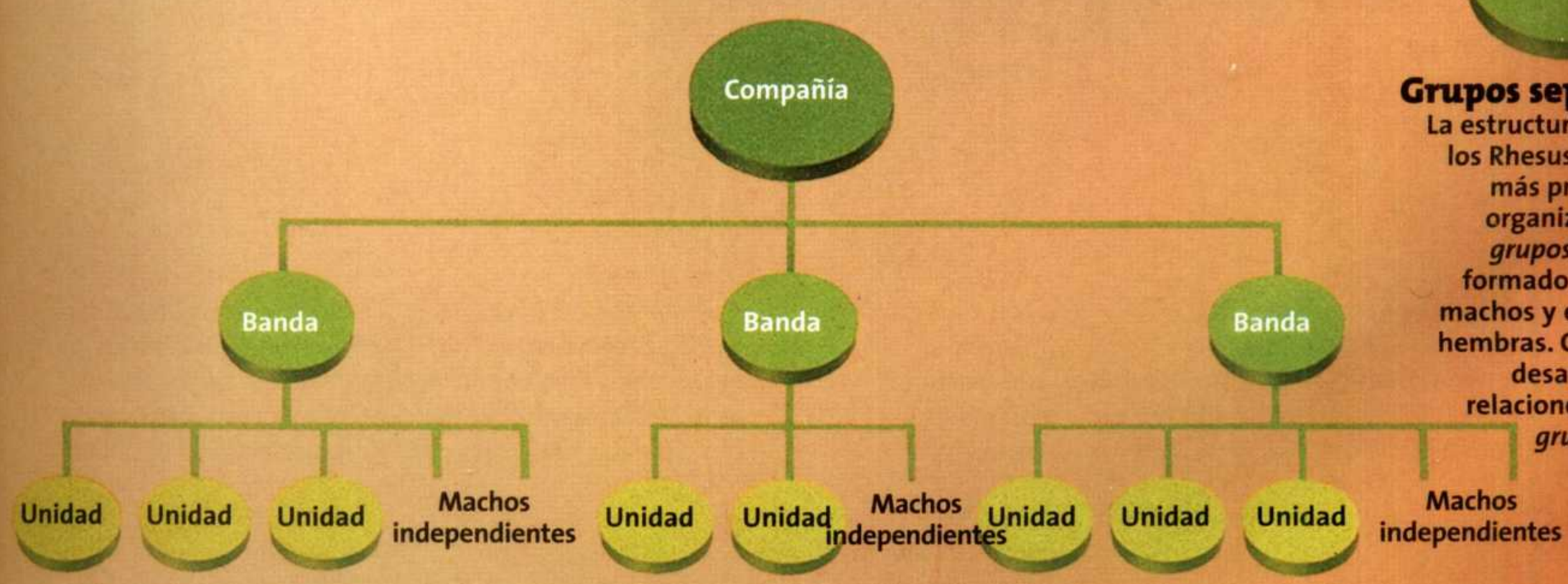
Mandril (*Papio hamadryas*)

Rhesus (*Macaca rhesus*)

Como en un ejército

La sociedad de los mandriles está dividida en tres niveles. El núcleo primario, que constituye una *unidad*, está formado por un macho y varias hembras. Varias *unidades*, a las que se suman machos independientes, forman una *banda*, cuyos componentes se trasladan juntos. Cuando llega la noche las *bandas* se reúnen con lo que se forma una *compañía*.

Grupos separados
La estructura social de los Rhesus es mucho más primitiva, se organiza sólo por *grupos*, cada uno formado por varios machos y el doble de hembras. Cada *grupo* desarrolla unas relaciones con otro *grupo* vecino.



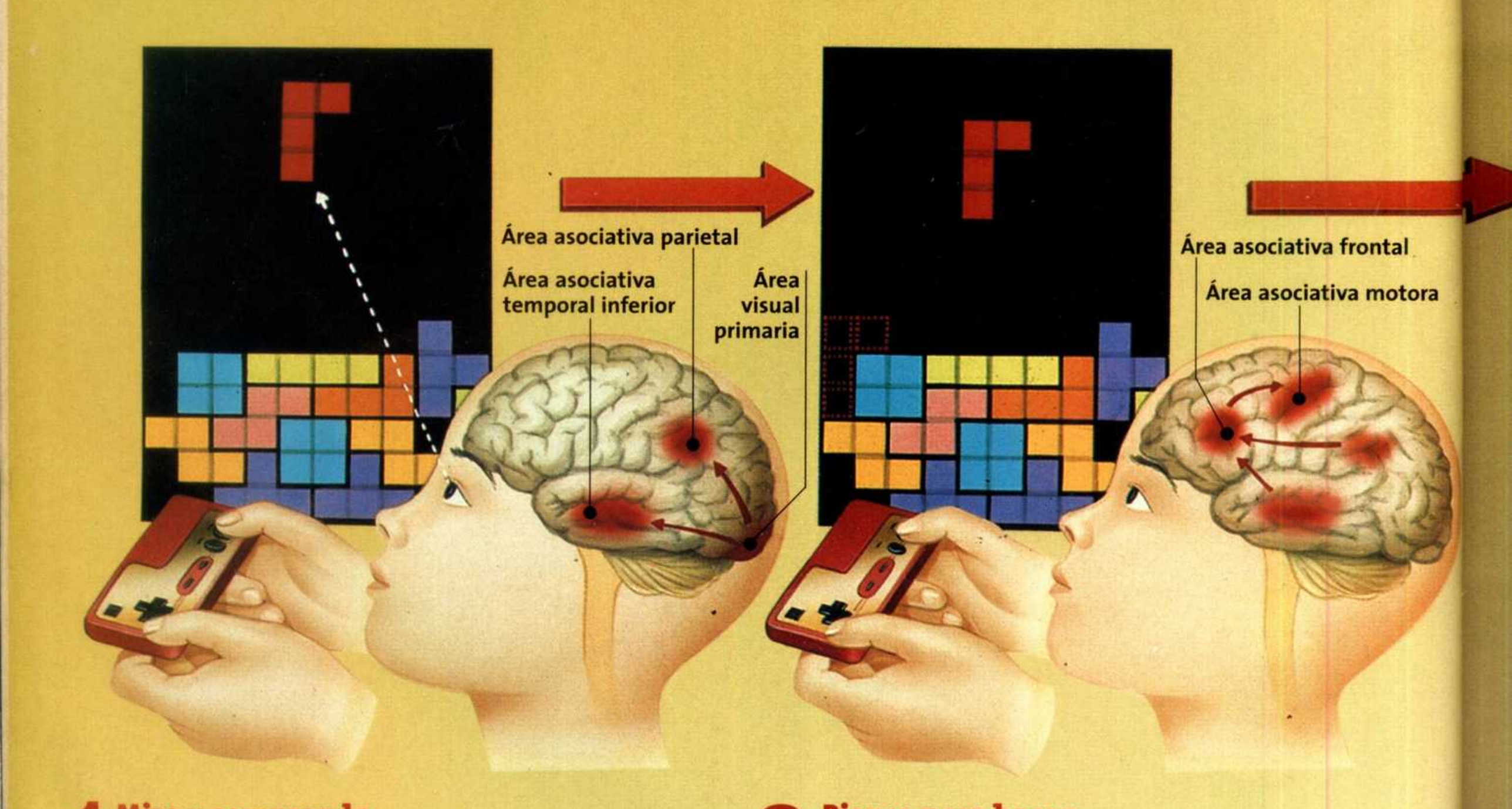
Juego, luego existo

El paso de la visualización a la acción es uno de los procesos primarios de la existencia humana: se actúa una vez que se ha examinado lo visto. El famoso y casi primitivo videojuego *Tetris*, heredero de los ordenadores, es un espléndido ejemplo para analizar cómo trata nuestro cerebro la información. Estamos hablando de una serie de funciones que llevamos a cabo de forma cotidiana, y que están especialmente desarrolladas si las comparamos con las de otros animales.

El juego es muy sencillo: consiste en alinear, encajándolas, las figuras geométricas que van cayendo desde la parte superior de la pantalla. El proceso es obvio, antes de mover y girar la figura para colocarla en la posición correcta, resulta lógico que hay que verla. El jugador se sitúa ante la pantalla, captando con la mirada la información, que se transmite desde el ojo hasta el área visual primaria de la corteza cerebral. Como si se la sometiera al examen del más meticuloso de los detectives, la información se descompone al detalle. Esta es la fase preliminar de una tarea que implicará por un lado al área asociativa temporal inferior que, una vez recibidos algunos de los detalles, reconstruirá la forma de la figura, y por otro lado, al área asociativa parietal, que reconstruirá la posición y el movimiento del objeto. Así finaliza la primera etapa, que consiste en la comprensión de la figura.

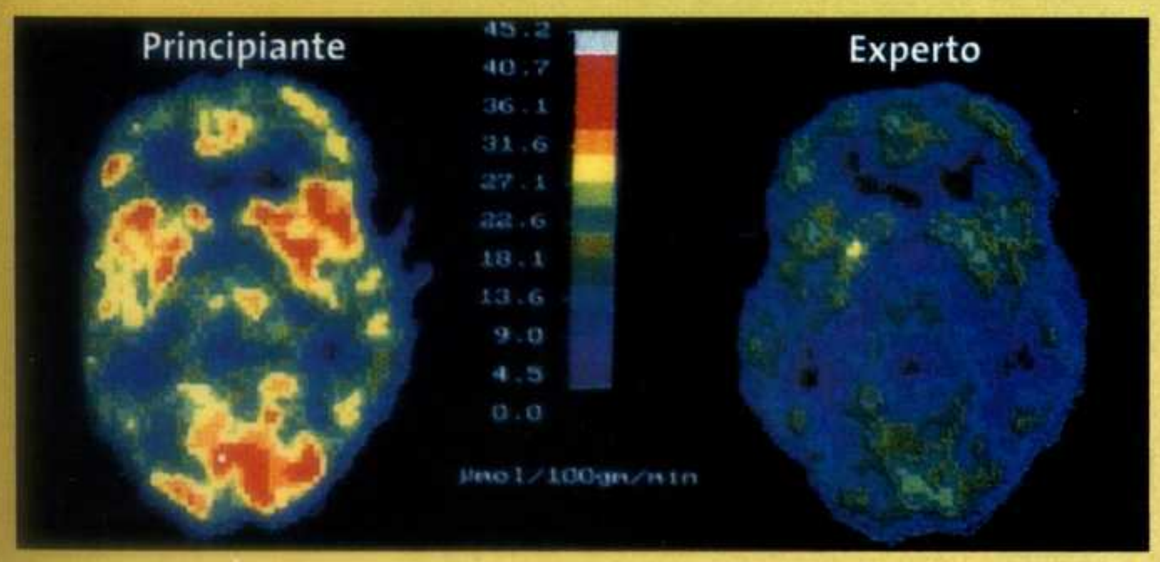
La segunda etapa, protagonizada por el área asociativa frontal, conecta la imagen ya memorizada con las informaciones archivadas en el pasado. Esta comparación permite decidir cuáles son las posiciones y direcciones que más convienen para alinear la imagen y programar la correspondiente acción en el ordenador.

Después del detective y el programador, entran en acción el estratega y el conductor, que corresponden al área asociativa motora. Ésta decide cuáles son los músculos que hay que mover y en qué orden. Finalmente, el área motora se encarga de dar las órdenes pertinentes a los músculos.



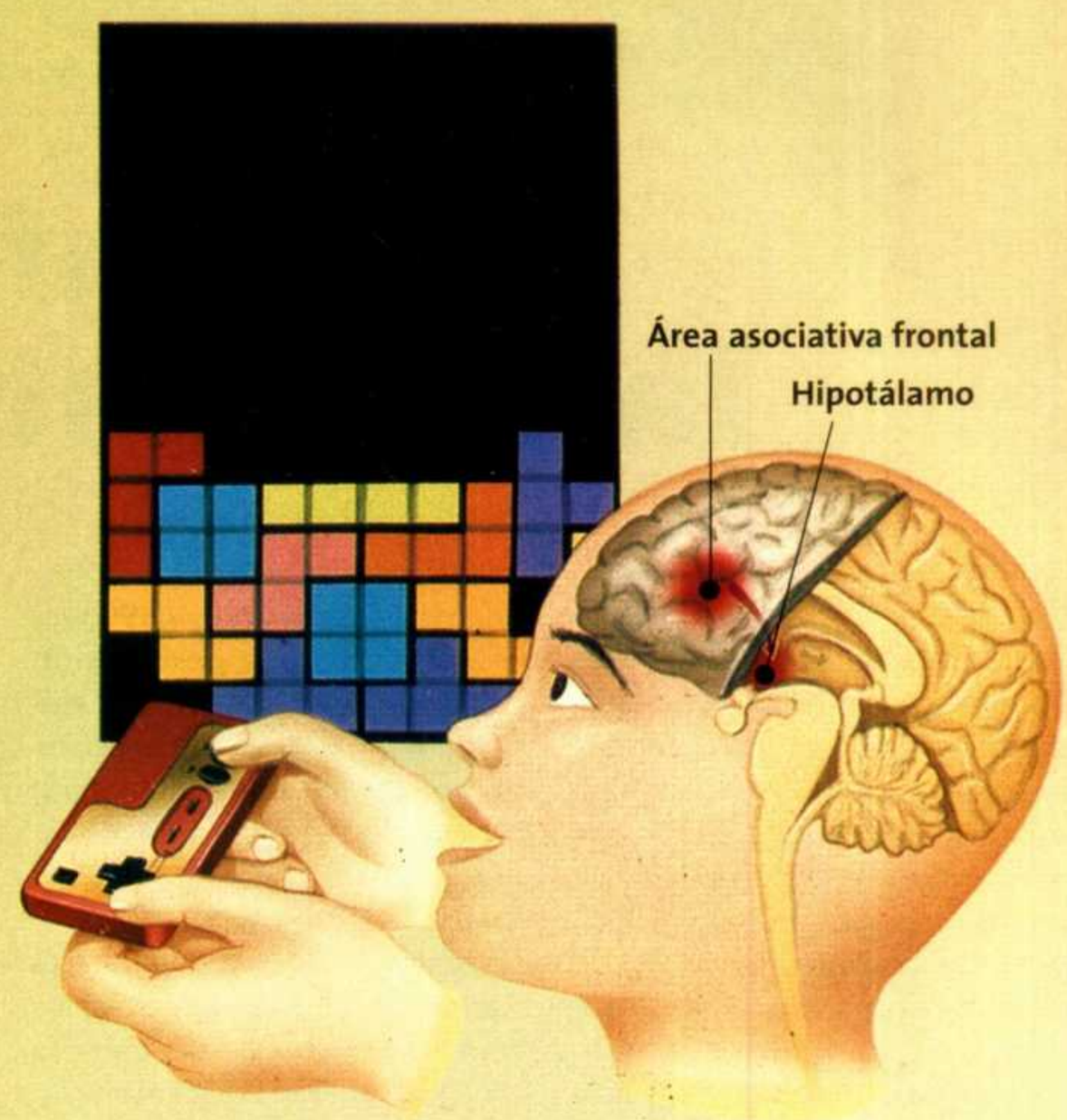
1 Miro y comprendo
Aparece la figura. En el área visual primaria se analiza la información relativa a la misma, que luego se transmite al área asociativa temporal inferior, que reconoce el tipo de figura. También se produce la intervención del área parietal, que comprende el movimiento y posición de la figura.

2 Pienso para hacer
Una vez reconocida la estructura y el movimiento de la figura, la información se transmite al área asociativa frontal que, a partir de todo lo memorizado, decide dónde hay que dejar caer la figura. Es decir, a continuación el área asociativa motora crea un programa para pulsar los botones del juego.



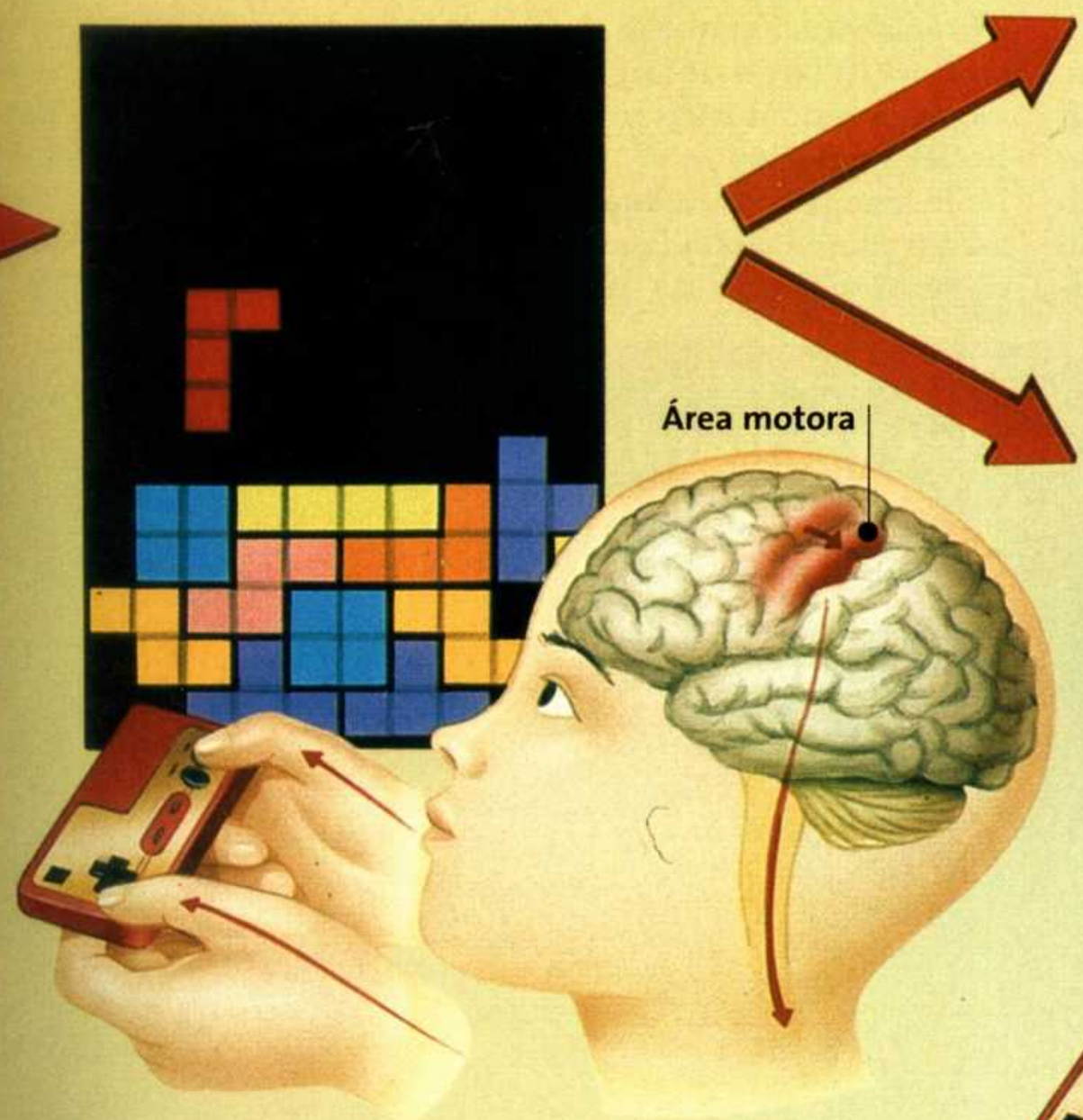
Mucho más trabajo para los principiantes

El trabajo realizado por el cerebro de alguien que juega por primera vez al *Tetris* es mucho mayor que el de un jugador experto. Dado que la primera fuente energética de las funciones cerebrales es la glucosa (azúcar), la observación, mediante una tomografía por emisión de positrones (en la fotografía), de la cantidad de azúcar consumido por las células permite determinar qué partes del cerebro trabajan y cuánto. En el cerebro del principiante, las distintas áreas de la corteza cerebral trabajan mucho más que las del jugador experto. En ambos cerebros el área asociativa motora, que programa el movimiento, y el área motora, que lo activa, presentan un metabolismo relativamente bajo, dado que los movimientos son muy breves y de escasa potencia.



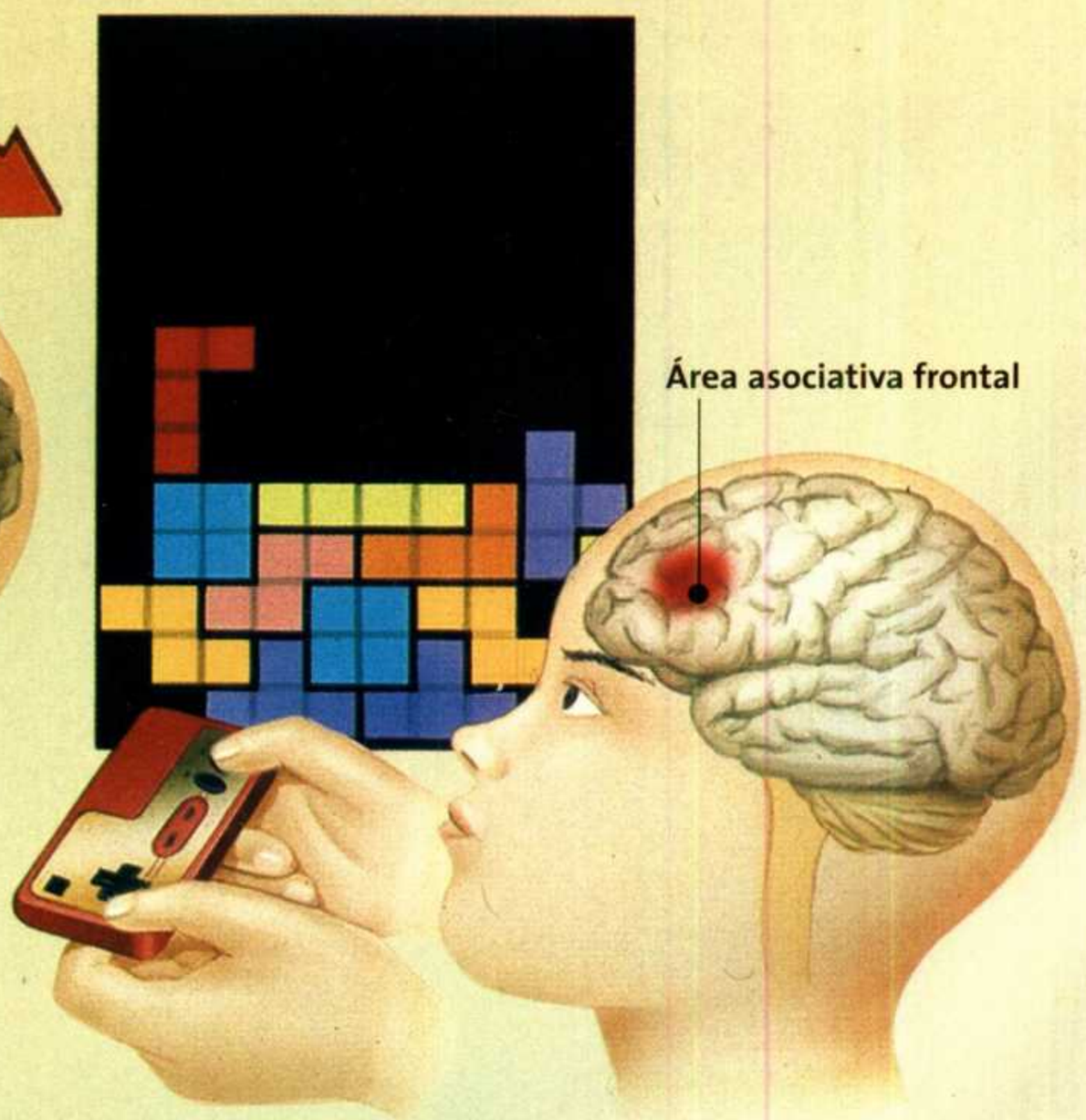
4 Las mieles del éxito

El resultado de la acción es analizado por el área asociativa frontal. En caso de éxito, se estimulan las estructuras del sistema límbico y del hipotálamo que producen una sensación de alegría y estimulan para dar muestras de júbilo.



3 Aprieto el botón

A partir del 'programa' creado por el área asociativa motora, que ésta transmite al área motora,se efectúa el movimiento de los músculos dela mano que permite apretar el botón y llevar la imagen a la posición adecuada para que el juego salga bien.



5 Errores que hacen pensar

Si la acción no tiene un resultado positivo en el área asociativa frontal se consideran las causas del error antes de pasar a la siguiente acción.

La sinfonía de la orquesta memoria

La comparación de los mecanismos cerebrales con la música es habitual entre los científicos dedicados al estudio del cerebro que, a menudo, se refieren a él como una orquesta formada por tantos y tan variados componentes que confieren a cada ejecución una peculiaridad indiscutible.

Walter J. Freeman, neurobiólogo de la Universidad californiana de Berkeley, ha escrito acerca de la percepción. Según él, cuando escuchamos la actuación de una coral, no podemos remitirnos a cada una de las voces, ni siquiera a los distintos grupos vocales, sino que su belleza reside en el conjunto. Lo mismo ocurre con la actividad simultánea e interdependiente de miles de millones de neuronas, necesaria para percibir. Si de la percepción pasamos a la memoria, la sinfonía se enriquece. En el cerebro permanece algo de cada binomio percepción-acción, que facilitará la futura reacción ante el mismo estímulo.

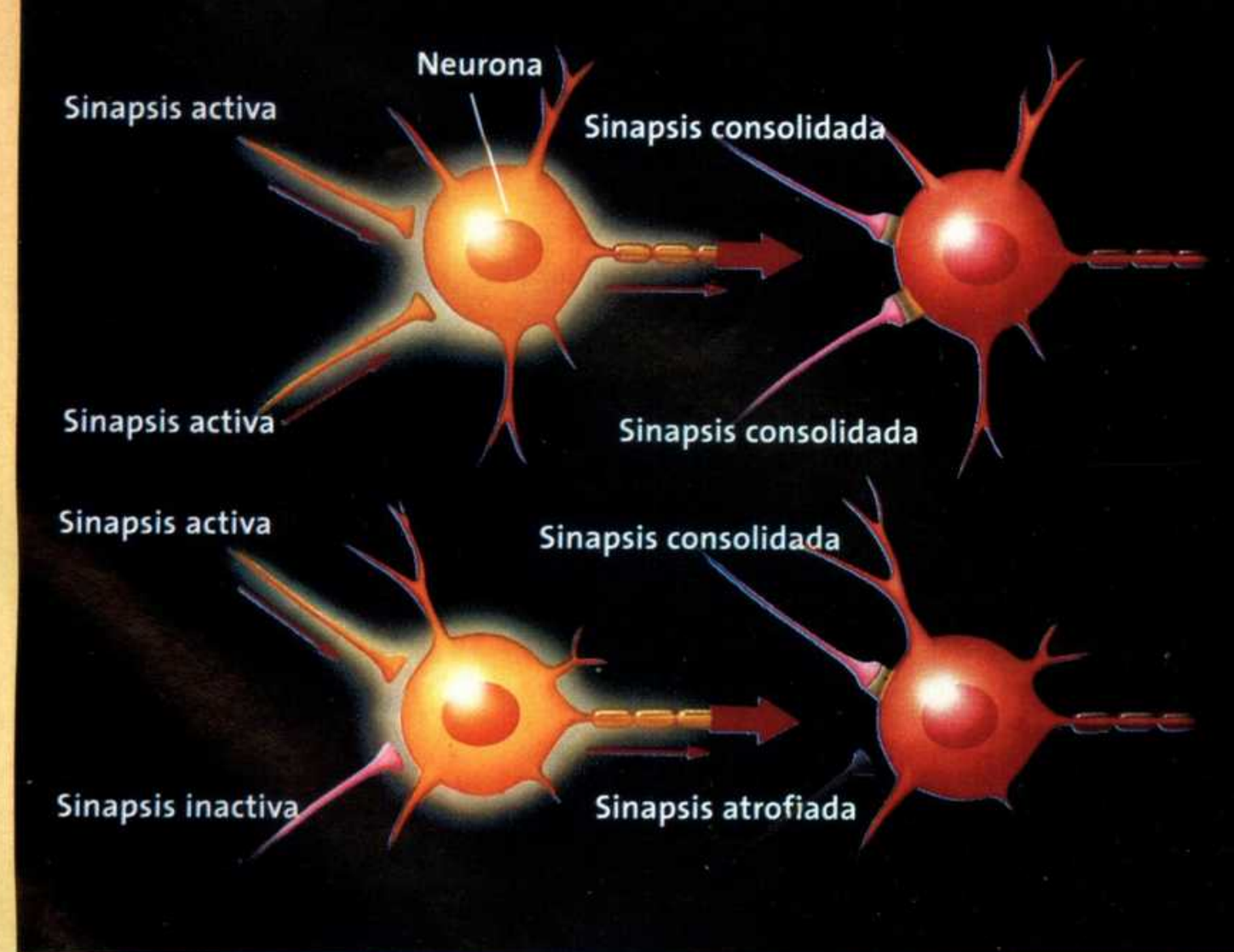
En principio, el esquema resulta muy sencillo. Las neuronas, las células nerviosas de la corteza cerebral, actúan como almacén de la percepción. En una de las zonas más profundas del cerebro, una estructura denominada hipocampo (porque recuerda a la forma de un caballito de mar) se activa mediante unos mecanismos –en gran medida desconocidos– cuando se memorizan nuevas informaciones: primero las fija y luego convierte la memoria a corto plazo en memoria a largo plazo. Sin embargo, si estos mecanismos actuaran siempre, todos los recuerdos permanecerían imborrables a lo largo del tiempo.

No ocurre así en la llamada memoria descriptiva, que evoca un recuerdo como una imagen y lo explica mediante las palabras. Para ello son necesarias unas variables que desembocan en un complicado proceso de reelaboración que se desarrolla a lo largo del tiempo, incorporando nuevas percepciones y emociones.

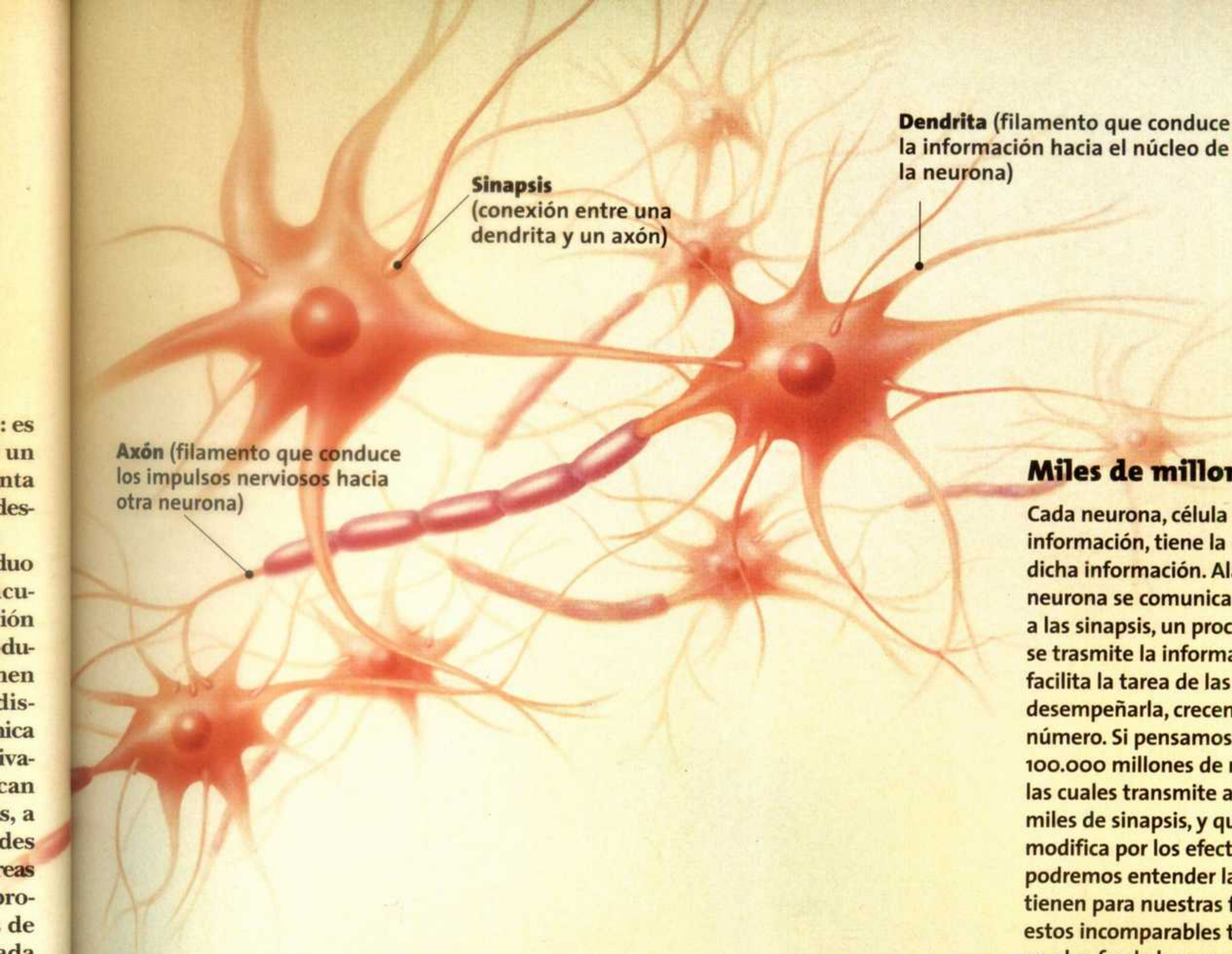
Lo mismo sucede, aunque en menor medida, con la memoria motora, que no puede representarse verbalmente: es el caso, por ejemplo, de un baloncestista que se inventa una jugada hasta entonces desconocida en su repertorio.

La memoria de cada individuo tiene características particulares y atribuye la connotación biológica a procesos de modulación en los que intervienen estructuras y funciones distintas. Una armonía polifónica que ve como con cada activación crecen y se multiplican las sinapsis de las neuronas, a la vez que aumentan las redes de neuronas que conectan áreas sensoriales distintas y se producen descargas químicas de emociones profundas. Cada concierto personal se vuelve así irrepetible e inigualable.

Hipótesis sobre cómo se fijan los recuerdos



El dibujo muestra una de las hipótesis más reputadas sobre cómo se memorizan las imágenes elementales. Este proceso es de dos tipos: en el primero (parte superior de la ilustración), las imágenes relativas a la imagen observada llegan desde dos neuronas hasta una tercera, a través de una conexión denominada sinapsis. La observación repetida de la imagen provoca una consolidación de este circuito formado por tres neuronas y dos sinapsis hasta formar un conjunto funcional estable que desde ese momento reacciona ante la visión de ese tipo de imagen. En la parte inferior se ve un proceso asociado a la memorización de otro tipo de imagen. Sólo entran en juego dos neuronas, unidas por una sinapsis. La observación repetida de la imagen consolida la sinapsis entre ambas neuronas, atrofiando las no involucradas. En este caso se crea un conjunto funcional estable.

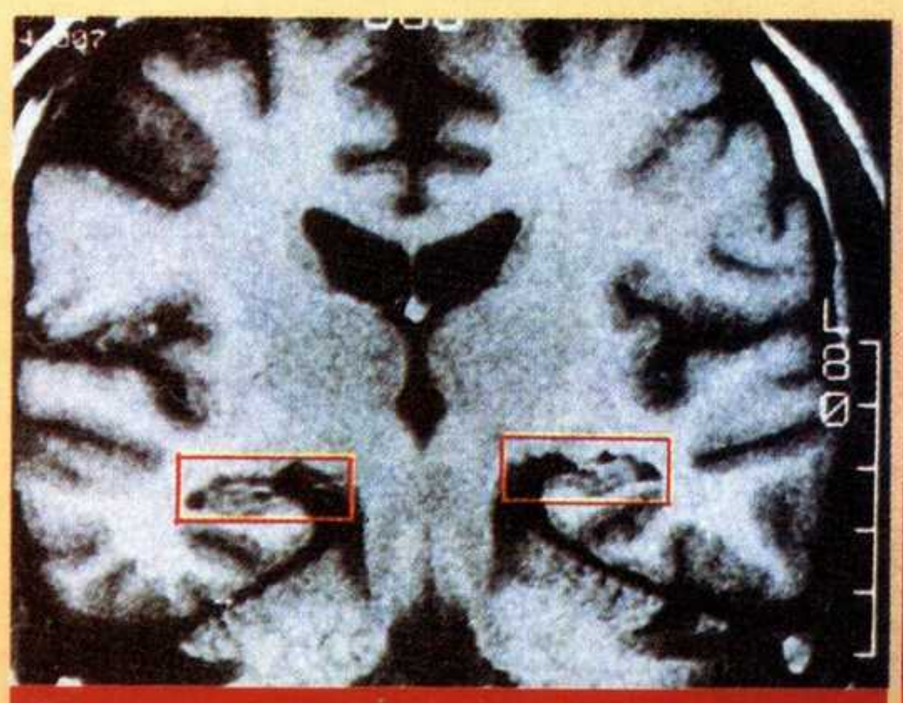


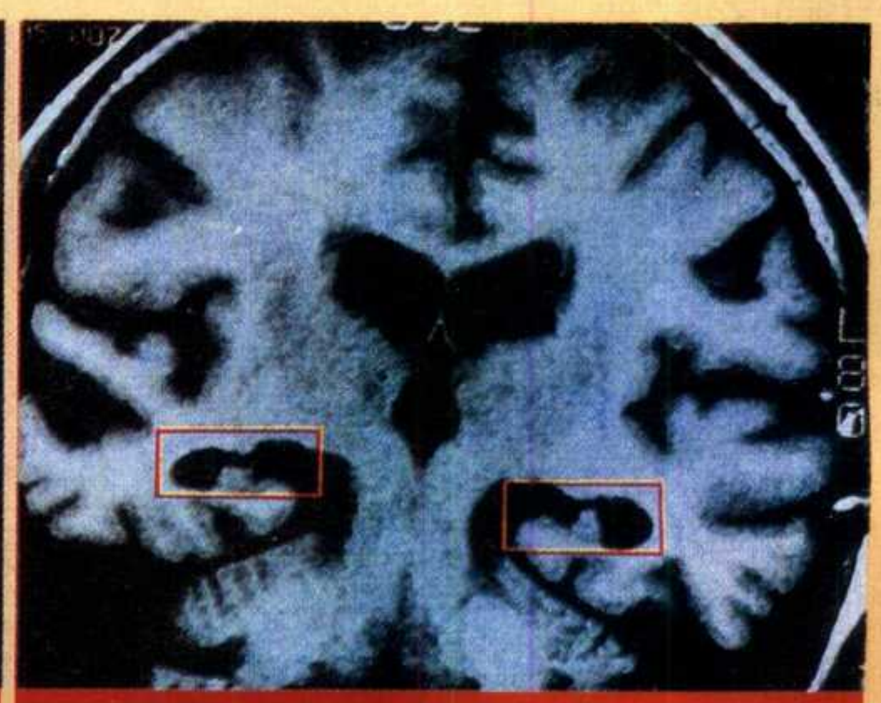
Miles de millones de 'joyas'

Cada neurona, célula nerviosa que transmite información, tiene la misión de memorizar dicha información. Alargada y ramificada, la neurona se comunica con sus vecinos gracias a las sinapsis, un proceso químico por el que se trasmite la información. La memoria facilita la tarea de las sinapsis que, al desempeñarla, crecen y aumentan en número. Si pensamos que en el cerebro hay 100.000 millones de neuronas, cada una de las cuales transmite a través de decenas de miles de sinapsis, y que cada una de ellas se modifica por los efectos de la memoria, podremos entender la importancia que tienen para nuestras funciones cerebrales estos incomparables tesoros secretos ocultos en el *cofre* de las neuronas.

Aferrada al hipocampo

En la parte profunda del cerebro se encuentra el hipocampo. Su función no sólo va ligada a las emociones, sino que es esencial para la conservación de la memoria. Los estudios con resonancia magnética nuclear han permitido observar que el hipocampo de una persona afectada por la amnesia es más pequeño que el de una persona sana (mientras que la parte que rodea el lóbulo temporal es idéntica). La reducción del hipocampo está causada por la muerte de las células nerviosas, lo que provoca la pérdida de memoria. Todo ello debido, por lo general, a causas biológicas como el envejecimiento y la obstaculización de la circulación sanguínea. De hecho, se ha observado que las personas a las que se les extirpa el hipocampo manifiestan amnesia.

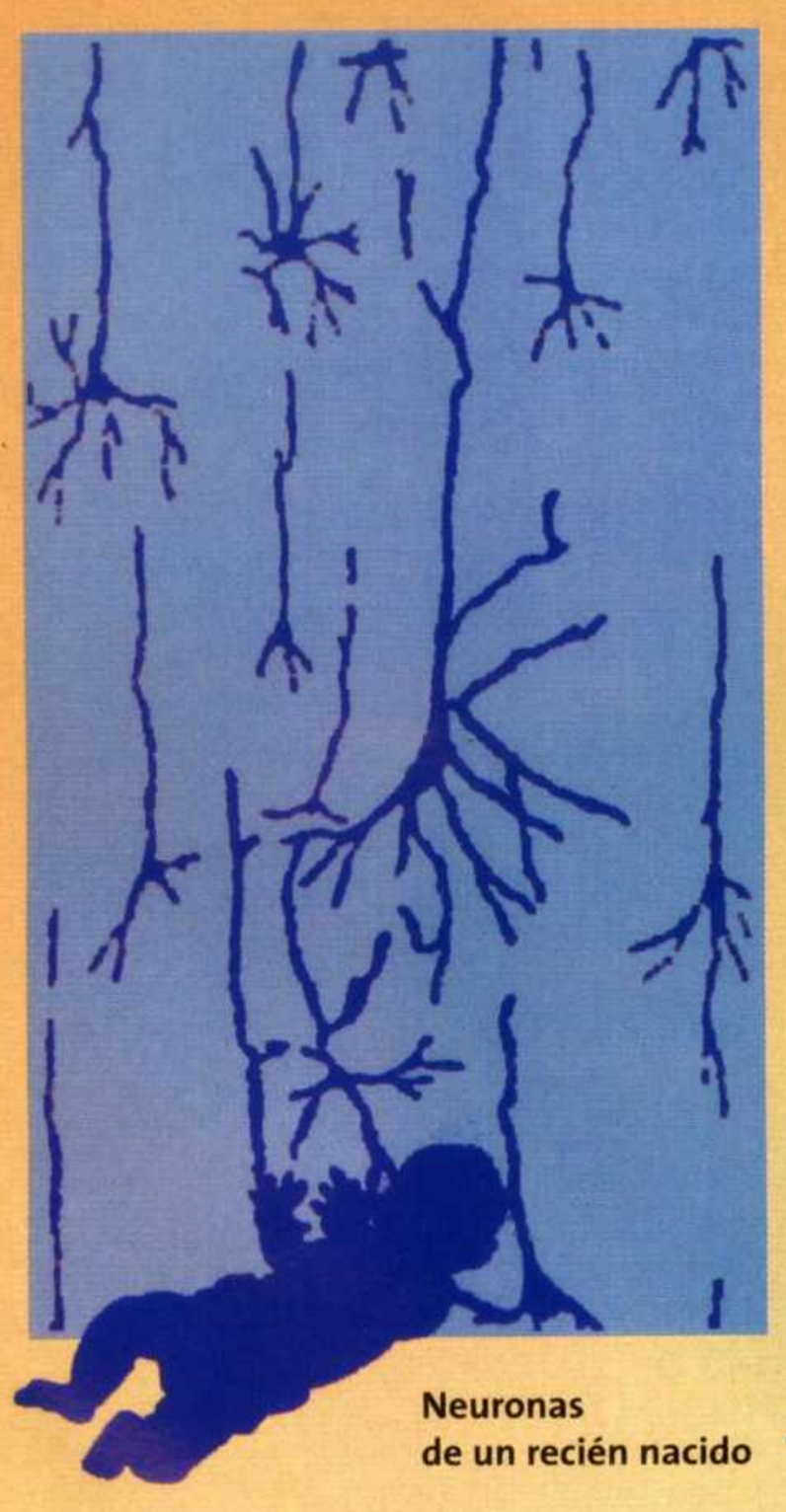

Persona sana


Persona afectada por la amnesia

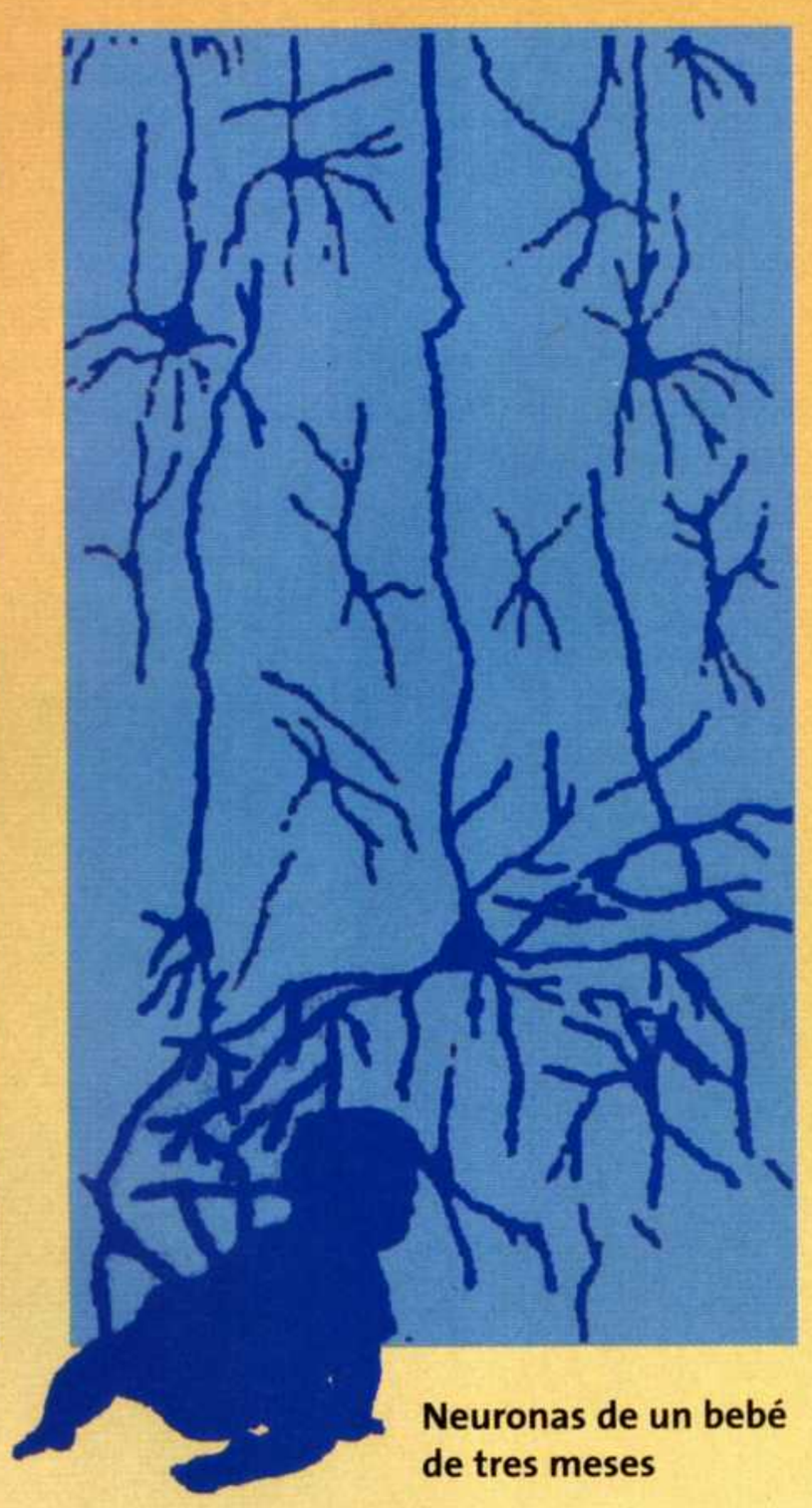
LOS PUNTOS DE LA AMNESIA. Las estructuras alargadas resaltadas en las imágenes (conseguidas por resonancia magnética) son los hipocampos: el de una persona sana es el doble de grande que el de un paciente con amnesia, que también presenta unas mayores cavidades (zonas oscuras).

Genética y ambiente: empate

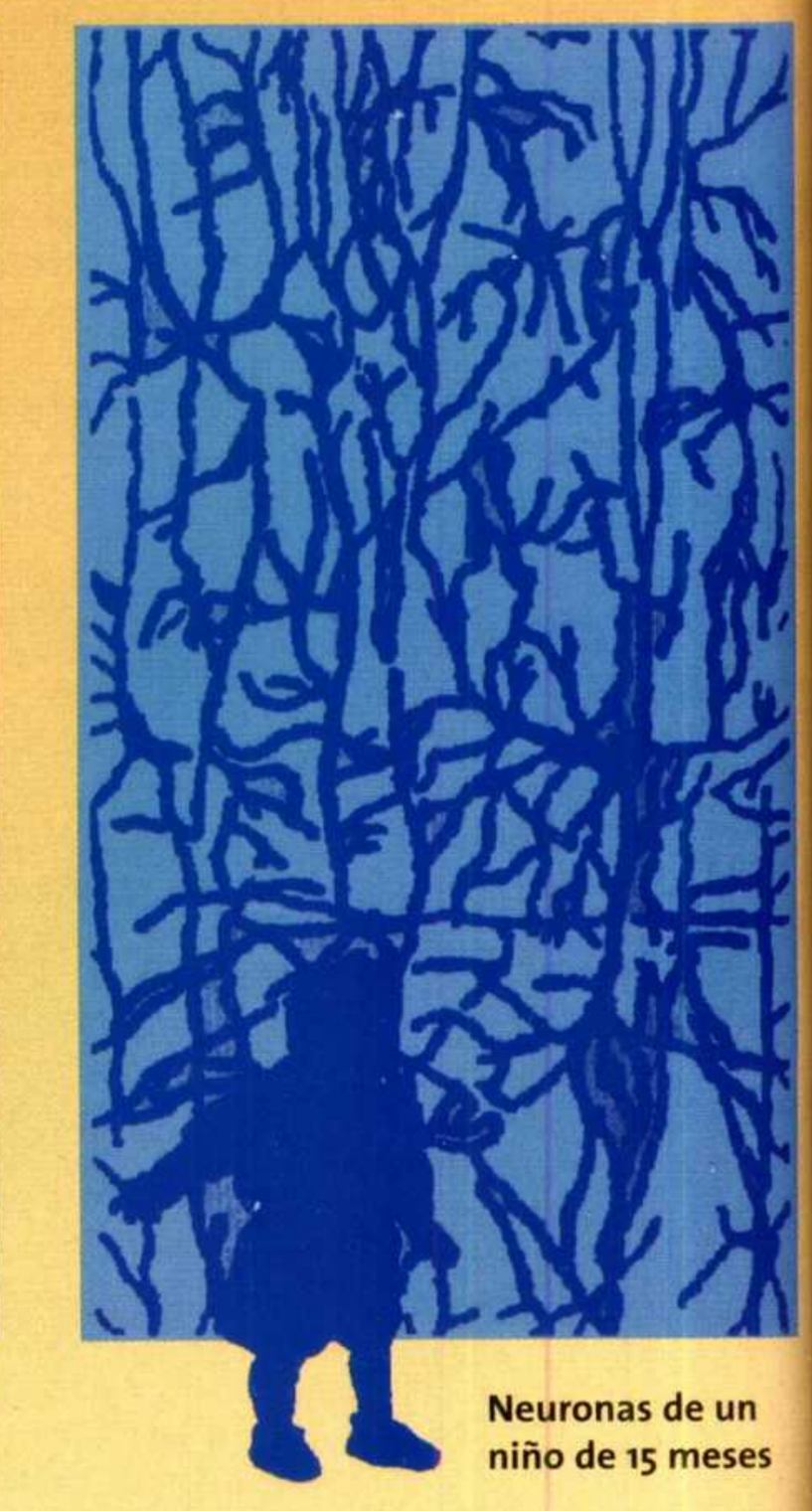
Ya desde el nacimiento el cerebro humano contiene un número de neuronas (unos 100.000 millones) que se mantendrá invariable a lo largo de la vida. Sin embargo, el cerebro de un recién nacido pesa unos 400 gramos, el 30% del de un adulto. Con el paso del tiempo el cerebro aumenta su tamaño y peso, al igual que el número de conexiones (dendritas, axones y sinapsis). Todos estos elementos se distribuyen formando una compleja red que se desarrolla desde la vida fetal. La duda que se plantea es si estas estructuras se construyen a partir de un proyecto inscrito en el ADN o si se hacen cada vez más sofisticadas con el ejercicio de las funciones cerebrales. Desde el momento de nuestra concepción hasta el fin de nuestros días, el cerebro protagoniza una evolución cuyo origen ha dado lugar a un duro pulso entre los defensores de la inteligencia como fruto de los factores hereditarios y aquellos que atribuyen estos méritos al ambiente en el que se vive. La capacidad de aprendizaje complejo (superior en el ser humano respecto a cualquier otro ser vivo) es distinta de un individuo a otro y se desarrolla con el paso del tiempo. Los paladines de la teoría de la inteligencia hereditaria citan los casos de familias en las que existen muchos



Neuronas de un recién nacido



Neuronas de un bebé de tres meses



Neuronas de un niño de 15 meses

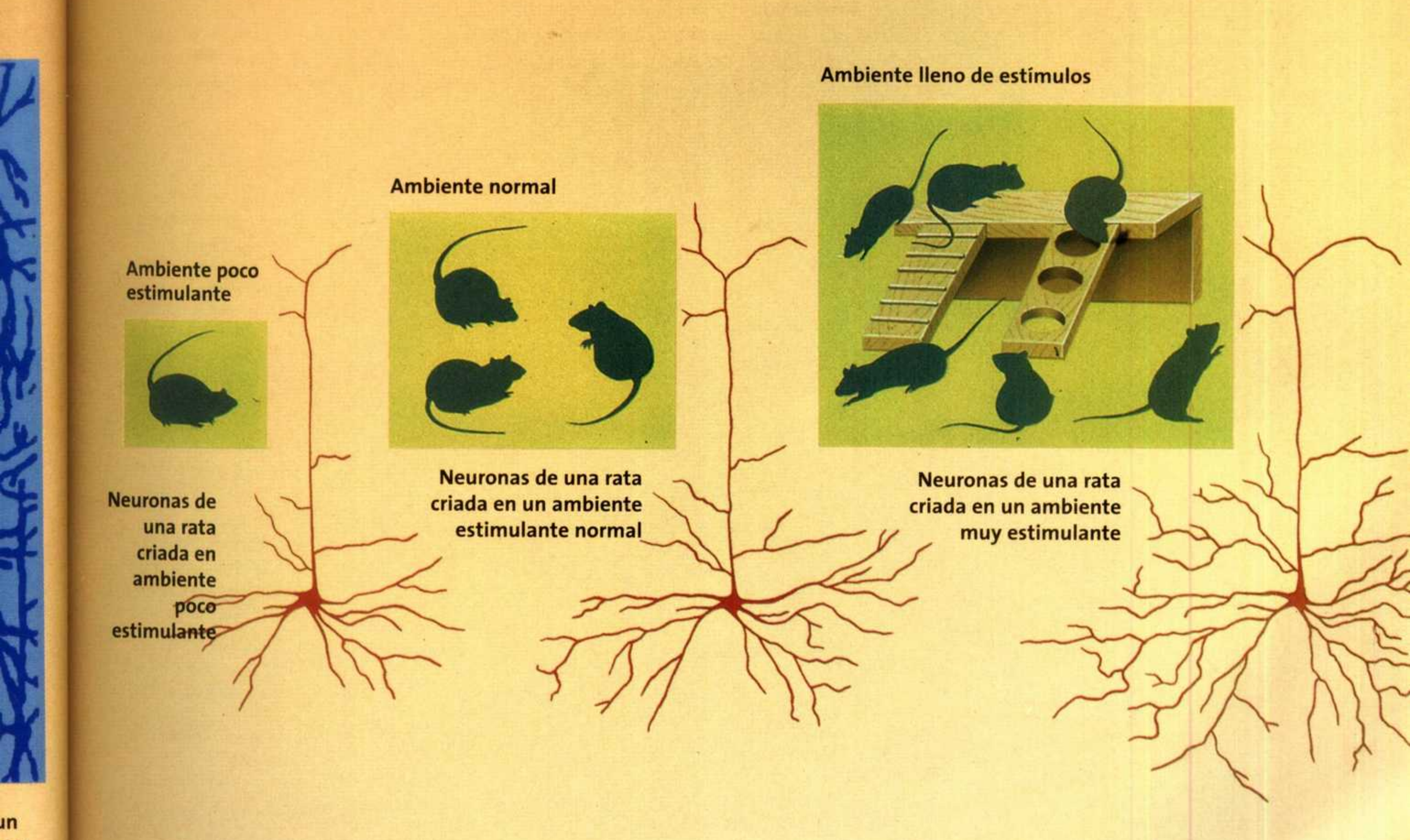
Una red cada vez más intrincada

La red de conexiones cerebrales de un individuo se va desarrollando a lo largo del tiempo, transformándose en una estructura cada vez más rica y compleja. Si observamos la red de un recién nacido comprobamos que es mucho más reducida que la que presentará al cabo de tres meses, la cual parecerá raquítica comparada con la de un niño de 15 meses. El cerebro de un recién nacido equivale al 30% del de un adulto, aunque el número de neuronas es el mismo. Con el paso del tiempo las neuronas aumentarán de tamaño a la vez que crecerá el número de conexiones que llevan la información (dendritas, axones y sinapsis).

individuos dotados de una inteligencia fuera de lo normal. Para comprobarlo, se han estudiado a gemelos univitelinos y bivitelinos. Los primeros tienen idénticos genes, ya que nacen de la división de un único óvulo fecundado. En ellos, las diferencias en el ámbito de la inteligencia son mucho menores que las halladas en los gemelos nacidos de la fecundación de dos óvulos distintos por dos espermatozoides.

Para apoyar la teoría de la prevalencia del factor ambiental tenemos la constatación de que los niños educados en situaciones privadas de estímulos presentan un desarrollo muy lento. En estos casos, la anatomía comparada también ha demostrado, mediante experimentos, que el cerebro de los ejemplares de rata crecidos en un ambiente estimulante presenta una red neuronal mucho más rica.

Sin embargo, las teorías más recientes tienden a considerar ambos factores. Han llegado a la conclusión de que el desarrollo y el funcionamiento de la estructura cerebral vienen determinados por los genes, pero que el número de sinapsis (conexiones) y el tipo de información están influidos por el ambiente. La discusión parece estar destinada a durar aún mucho, complicada por la entrada en escena de la investigación mundial de un nuevo tipo de inteligencia, la denominada 'inteligencia emotiva', defendida por Daniel Goleman. Según este psicólogo norteamericano, la llave del éxito en la vida no reside sólo en la tradicional inteligencia analítica, sino también en la capacidad de reconocer las propias emociones, tarea desempeñada por la amígdala (la estructura cerebral que controla el comportamiento instintivo).



Estímulos fértiles

Respetando la influencia de los factores hereditarios en el desarrollo del cerebro, cada vez está más consolidada la teoría de que el crecimiento en un ambiente estimulante favorece la formación de la red neuronal. Los experimentos realizados con ratas criadas en contextos de mayor o menor estímulo han mostrado un desarrollo cerebral distinto. Al cabo de dos meses, las ratas criadas en ambiente estimulante presentan un cerebro un 2% más grande que el de los animales que crecen en en ambiente normal. Mientras que el cerebro de las ratas criadas en un ambiente sin estímulos es un 2,5% más pequeño que el normal.

El binomio derecha-izquierda

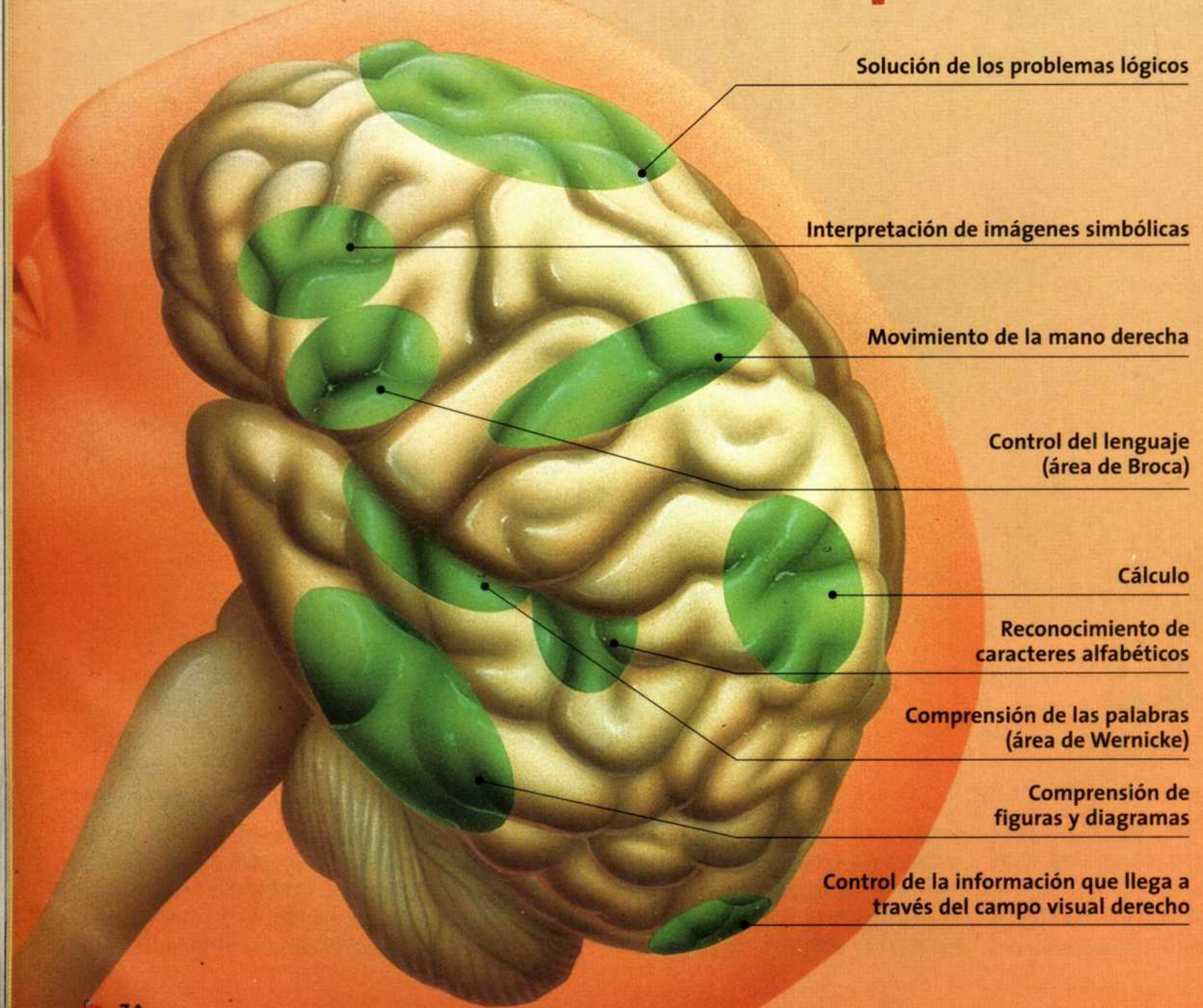
Aunque aparentemente parecen iguales, en realidad los dos hemisferios cerebrales resultan radicalmente distintos. Están unidos entre sí por la espesa capa de fibras nerviosas que constituye el cuerpo calloso y en condiciones normales cooperan para conseguir llevar a cabo las diversas funciones y actividades de la vida del hombre. Sin embargo, en nuestro cerebro siempre hay un hemisferio más hábil para algunas cosas, mientras que el otro destaca en otras actividades.

La primera diferencia fundamental que se aprecia afecta a la recepción de la información. Cada hemisferio recibe la información procedente de la mitad opuesta del cuerpo. Este juego cruzado está especialmente desarrollado en el sistema visual, táctil y motor. Sin embargo, para determinadas funciones, el cerebro de los zurdos no siempre es especular respecto al de los diestros, si bien es cierto que existen zurdos con cerebro de diestros que destacan de manera especial en el deporte. Esto se debe a que en sus cerebros, el paso de la información a la orden de acción realiza un recorrido más corto y, por lo tanto, reaccionan más rápido.

El neurofisiólogo y psicólogo estadounidense Roger Sperry, empeñado en recorrer las vías del cerebro a la conquista del conocimiento de las funciones cerebrales, recibió en 1981 el Nobel de Medicina por haber distinguido las diferentes funciones de las que se encarga, por separado o de forma dominante, cada hemisferio. Desde entonces ha quedado establecido que el hemisferio izquierdo domina el lenguaje, la solución de problemas lógicos y cosas por el estilo, mientras que el derecho destaca en otros aspectos como la comprensión espacial, musical o el dibujo.

El mapa trazado de las funciones cerebrales sigue a la espera de posteriores descubrimientos como los que intenta obtener la psicóloga Doreen Kimura, de la Universidad de Ontario, mediante investigaciones sobre la diferencia funcional relativa a la percepción visual, auditiva y a las pruebas manuales.

Hemisferio izquierdo



Interpretación de imágenes reales

Solución de problemas abstractos

Memoria, a corto plazo, de la relación espacial

Movimiento de la mano izquierda

Fonación (producción de sonidos a través de los órganos vocales)

Reconocimiento de las figuras y de su posición en el espacio

Comprensión musical

Memoria, a corto plazo, de los sonidos

Interpretación de las expresiones y comunicación a través de la mímica facial

Control de la información que llega a través del campo visual izquierdo

Todos podemos ser grandes dibujantes

¿Negado para el dibujo? Imposible. La clave reside en aprender a dibujar utilizando el hemisferio adecuado. Si se emplea el hemisferio derecho, encargado de la percepción visual y de la facultad de dibujar, nadie puede tener dificultades para reproducir de forma realista una imagen. La obra de la profesora de arte estadounidense, Betty Edwards, publicada en 1979 con el título *Cómo dibujar con la parte derecha del cerebro* afianza esta teoría a través del relato de sus experiencias con algunos de sus alumnos. Según ella, a menudo, cuando nos disponemos a dibujar, interpretamos con las palabras (en el hemisferio izquierdo) la figura que queremos reproducir. En la práctica, pensamos: «Tengo que hacer la cara redonda». Si aprendiéramos a estudiar la figura directamente con el hemisferio derecho seríamos mucho más hábiles al instante. Es una cuestión de entrenamiento específico de la forma de percibir.

Las dos figuras situadas en la parte inferior, extraídas del citado libro, muestran los progresos realizados por un alumno después de aplicar durante dos meses el 'método Edwards'.

Hemisferio derecho

La confrontación de dos mundos

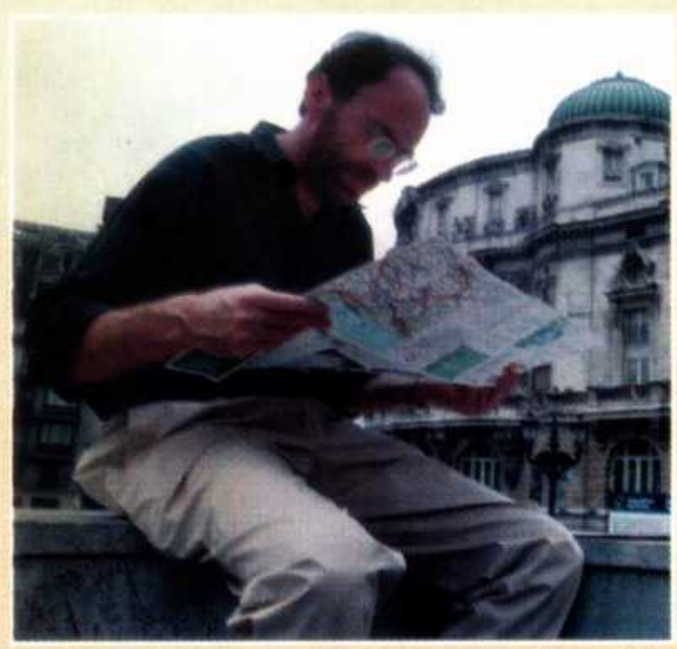
El lenguaje y la lógica son las habilidades del hemisferio izquierdo. La comprensión espacial, musical, visual y expresiva constituye el coto privado del hemisferio derecho. Los dibujos que ilustran estas líneas muestran cuáles son las regiones corticales, a menudo más de una, que intervienen en las distintas funciones. Se ha observado que las mismas áreas controlan una habilidad en un hemisferio y otra distinta en su simétrico. Por ejemplo, las áreas asociativas frontal y parietal de la izquierda son vitales para las habilidades lógicas y matemáticas, mientras que las mismas áreas del derecho se encargan de las espaciales.

Ella y él: dos mentes diferentes

Entre los estudios sobre el cerebro, no podían faltar los dedicados a establecer una posible diferencia entre hombre y mujer. Esta cuestión confluye con la problemática, más amplia, de la subdivisión de los roles en la sociedad y de la igualdad entre hombre y mujer, con aspectos relativos a las costumbres y a la legislación. A su vez, la entrada masiva de las mujeres en el mundo artístico y laboral, con importantes resultados, pone de relieve que su menor presencia a lo largo de la historia se ha debido más a factores sociales que a una presunta inferioridad.

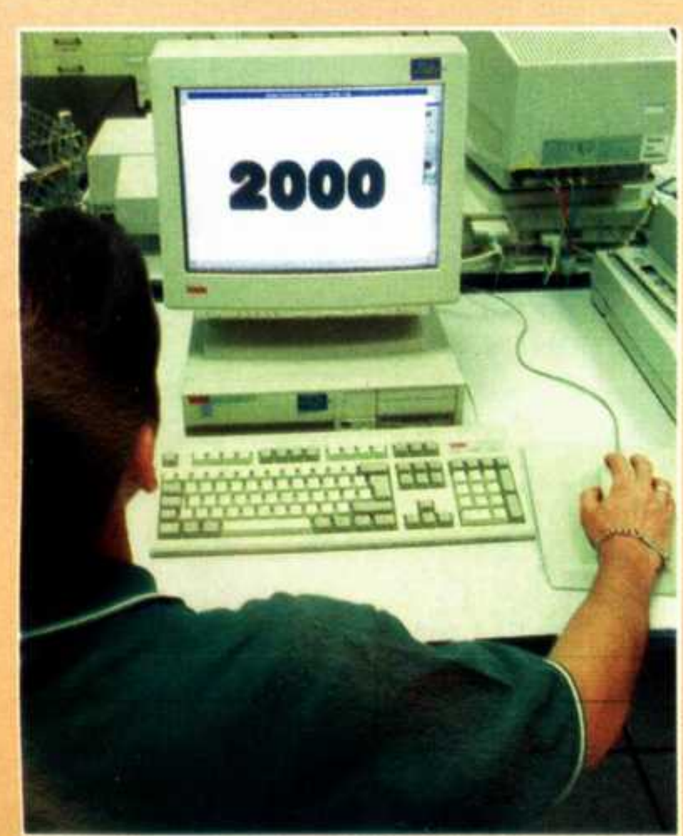
Es verdad que el cerebro masculino pesa más que el femenino, pero no parece que este detalle influya en lo que por lo común llamamos 'capacidad intelectual'. Sin embargo, se han realizado pruebas de habilidad que ponen de manifiesto que, en lo que se refiere al hemisferio derecho, los hombres tienden a ser superiores en orientación y habilidad visual y espacial. Las mujeres, en cambio, destacan en la capacidad lingüística, que reside en el hemisferio izquierdo.

Unas pruebas realizadas con el test norteamericano SAT (Scholastic Aptitude Test) sobre habilidad deductiva, realizado



IGUALDAD Y DIVERSIDAD. En la conquista de la igualdad, las mujeres tienen como aliados a los últimos estudios en materia cerebral: existe una desigualdad en las prestaciones, pero unas veces a favor de ellas y otras a favor de él, como ilustran estas imágenes.

Sobre estas líneas, un hombre leyendo un mapa topográfico, abajo, un diseñador con su ordenador. En ambos casos interviene la habilidad espacial y la figurativa que, según las últimas investigaciones científicas, están más desarrolladas en el hombre que en la mujer.



sobre un espectro de hombres y mujeres, puso de manifiesto que los mejores resultados correspondían en un mayor porcentaje a los hombres, sobre todo a los zurdos. Sin embargo, el grupo masculino presentaba una gran heterogeneidad en su seno, ya que se registraron tanto las puntuaciones más altas como las más bajas del total, mientras que el grupo de las mujeres se revelaba como mucho más homogéneo. Esta situación podría derivar del hecho de que el cuerpo calloso que conecta ambos hemisferios es mucho más espeso en el caso de las mujeres y, más concretamente, en la parte en la que se producen los intercambios de información entre ambos hemisferios.

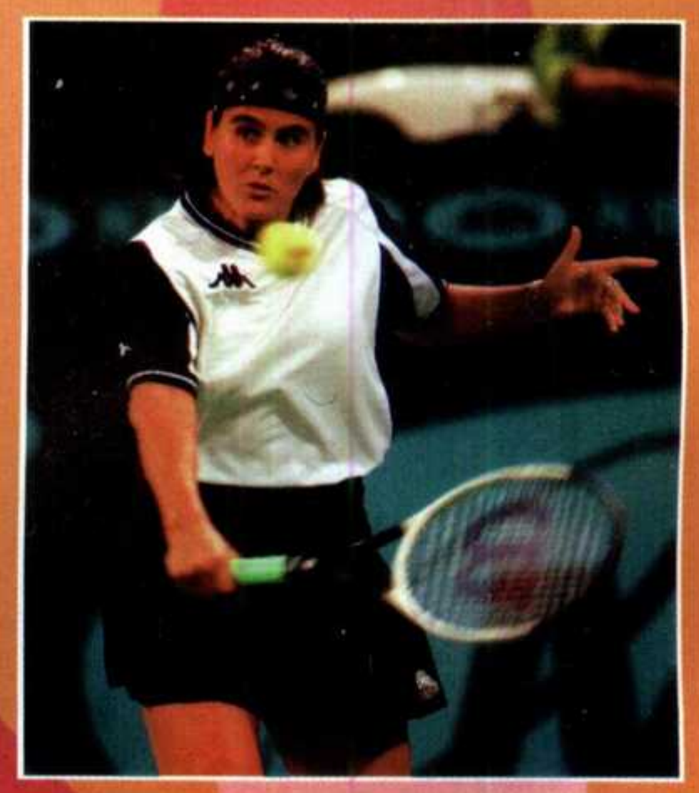
Se ha planteado la hipótesis de que las diferencias entre hombre y mujer en algunas funciones intelectuales se remitan a ese largo periodo de evolución en el que resultaba vital que los machos cazadores recogieran la información sobre el ambiente lejano y cercano, mientras que las mujeres, encargadas de atender a la familia, desarrollaban el arte de la palabra y la capacidad de hacer varias cosas a la vez, como ocurre todavía en la actualidad.

Entre las diferencias descubiertas en los últimos tiempos, destaca la relativa a las células de la parte del hipotálamo que controla la diferencia de sexo (masculino o femenino). Se trata de las células conocidas como Inah, divididas en cuatro grupos. Pues bien, las células Inah 2 y 3 del hipotálamo de los hombres son más grandes que las correspondientes a las mujeres. Esta diferencia sexual no se debe a factores hereditarios, sino a las hormonas andróginas que actúan sobre el cerebro durante el periodo fetal.

El hipotálamo, que controla la distinción entre sexos, está formado por un número de células variable

El cuerpo calloso de las mujeres es más espeso y con un mayor equilibrio entre ambos hemisferios

Sobre estas líneas, Almudena Ariza, presentadora de informativos en TVE. En esta profesión, las mujeres podrían tener ventaja, ya que tienen mayor habilidad lingüística. Debajo, Conchita Martínez. En el deporte, las mujeres también se ven beneficiadas, ya que el cerebro femenino se debilita menos con la edad.



La inteligencia que se esfuma

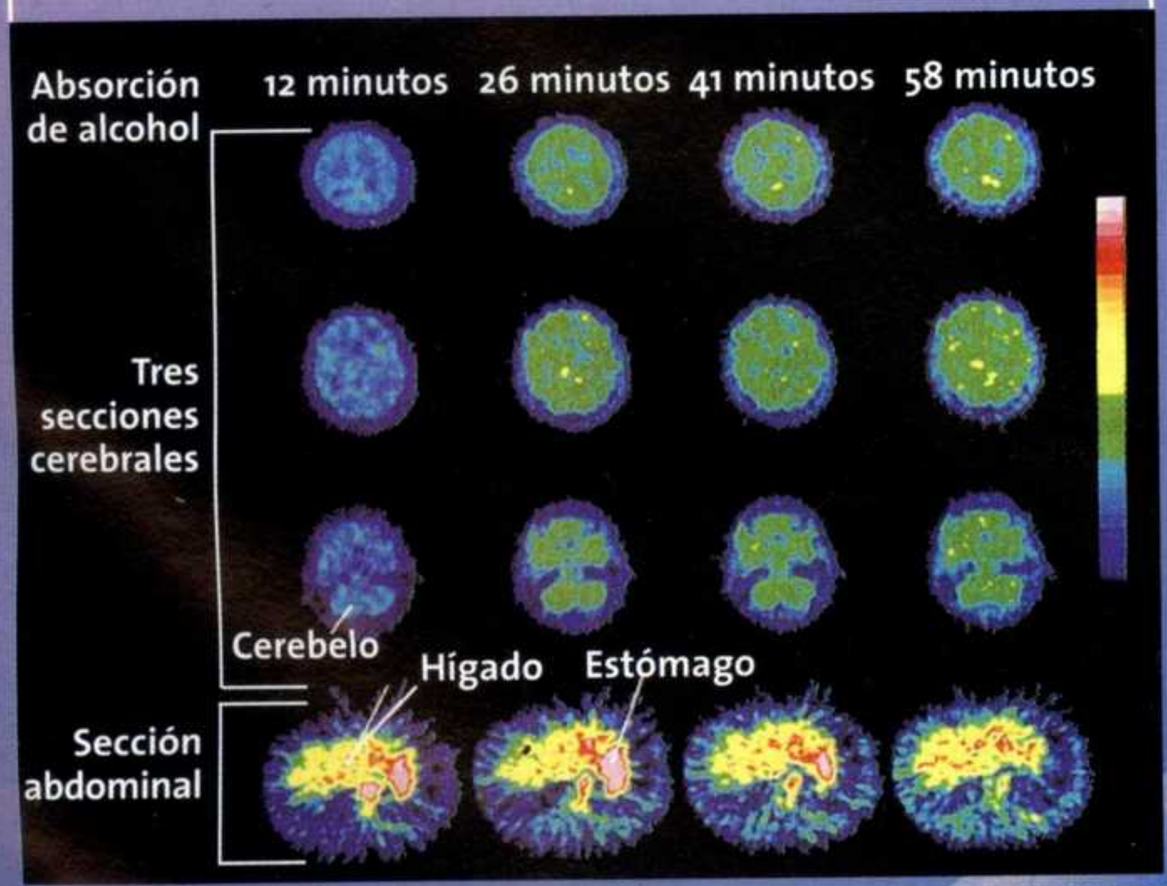
Imaginemos una neurona, rodeada de miles de millones de otras neuronas, que está activa porque se encuentra transmitiendo una información. El impulso nervioso se transmite primero, a través de la neurona excitada, en forma de variación del potencial eléctrico de la membrana celular. Cuando el impulso alcanza la sinapsis, produce la liberación de una sustancia química, el neurotransmisor. Esta sustancia química es la que alcanza el receptor presente en la membrana de la neurona receptora, activando un impulso eléctrico que la pone en movimiento. De neurona en neurona, como en un juego de luces psicodélicas de infinitas variaciones, el trabajo del cerebro sigue adelante.

Este mecanismo natural nos permite intuir hasta qué punto puede llegar el daño provocado por las sustancias químicas (drogas, estimulantes, productos tóxicos y fármacos), aun cuando la puerta cerebral constituye una defensa natural fuerte, pero parcial. Algunos síntomas clínicos de patologías nerviosas son muy similares a las alucinaciones y fijaciones producidas por drogas y estimulantes.

El estilo de vida y la alimentación también influyen en el cerebro a través del estímulo de la producción de mediadores. De hecho, los neurotransmisores son de tres tipos. El primero comprende la adrenalina y la noradrenalina, hormonas que permiten reaccionar al estrés. El segundo es la acetilcolina, que activa, entre otras cosas, las contracciones musculares. En el tercer grupo nos encontramos con los neurotransmisores exclusivos del sistema nervioso central: la dopamina, la serotonina, la histamina, el GABA (ácido gama-aminoburítico) o las encefalinas. Estas últimas, por ejemplo, junto con la endorfina, verdadero opio natural, regulan la percepción del dolor. De hecho, puede ocurrir que, en una carrera prolongada, la sensación de dolor provoque un exceso de producción, que llevaría precisamente a una especie de euforia.

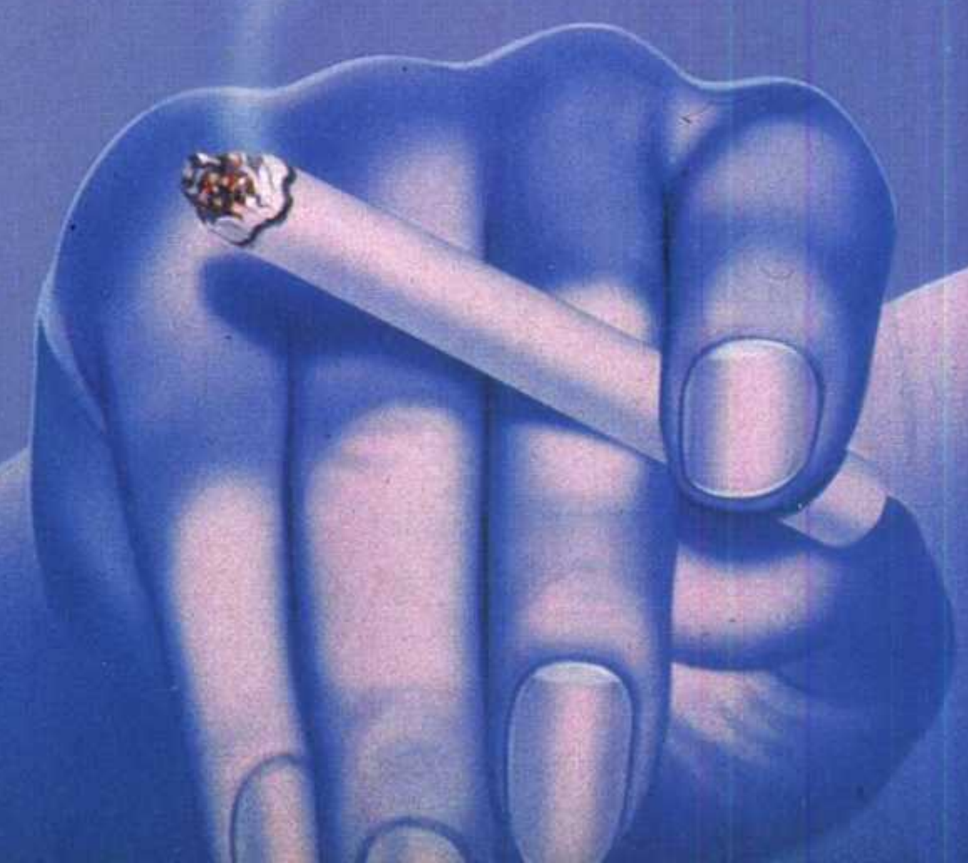
Alcohol: cuando 'se sube a la cabeza'

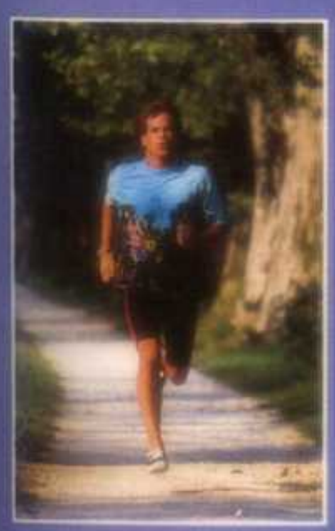
El sistema de filtrado selectivo que impide la entrada en las células nerviosas de las sustancias químicas que circulan en la sangre no es eficaz frente al alcohol, ya que se descompone en moléculas capaces de penetrar con facilidad. La tomografía por emisión de positrones ha permitido observar lo que ocurre después de que una persona haya bebido un vaso de vino. El alcohol es absorbido por el estómago y metabolizado lentamente por el hígado, de forma que se mantiene mucho tiempo en circulación y alcanza el cerebro. Beber de forma abundante y prolongada provoca una dependencia que desemboca en la demencia que, con la muerte de las células cerebrales, atrofia el cerebro. En la imagen inferior, las tres primeras líneas horizontales muestran tres secciones distintas de un cerebro, 'fotografiadas' en diversos momentos después de la ingestión de alcohol. La cuarta fila muestra una sección del abdomen en la que se nota la intensa actividad del estómago y del hígado.



Los efectos del tabaco

Existen ciertos mitos en torno a los efectos del tabaco en el ser humano. Se dice, por ejemplo, que el humo relaja y que no influye en el rendimiento laboral y, sin embargo, la sustancia principal del tabaco, la nicotina, es un alcaloide con una importante acción farmacológica. La cantidad absorbida por el cerebro es minúscula, pero, al igual que el alcohol, se descompone en moléculas que son capaces de penetrar en el cerebro. Las moléculas de la nicotina incrementan la producción del neurotransmisor dopamina, con la consiguiente activación del metabolismo del tálamo, del tronco encefálico y del cerebelo. En cuanto a sus efectos sobre la 'materia gris', algunos estudios han hallado un posible daño a la memoria.





La felicidad de correr por el parque

Muchos atletas o aficionados que disfrutan corriendo al aire libre comentan un curioso fenómeno. Cuando se corre por el campo, observando un paisaje cautivador, se tiene una sensación de exaltación y la impresión de poder correr para siempre. La belleza del entorno se vuelve maravillosa, tanto que a veces no se pueden contener las lágrimas. Se trata de una sensación de embriaguez, conocida como el 'éxtasis del corredor', distinta de la sensación producida por las drogas. Se cree que esta embriaguez está causada por sustancias segregadas por el cerebro como respuesta a los estímulos musculares, para paliar el dolor provocado por el exceso de la fatiga prolongada: se trata de la encefalina y de la endorfina, sustancias similares a la morfina producidas en el interior del organismo y capaces de combatir el dolor.

Tálamo

Moléculas de nicotina

Cerebelo

Tronco encefálico

Cerebro, mente y ordenador

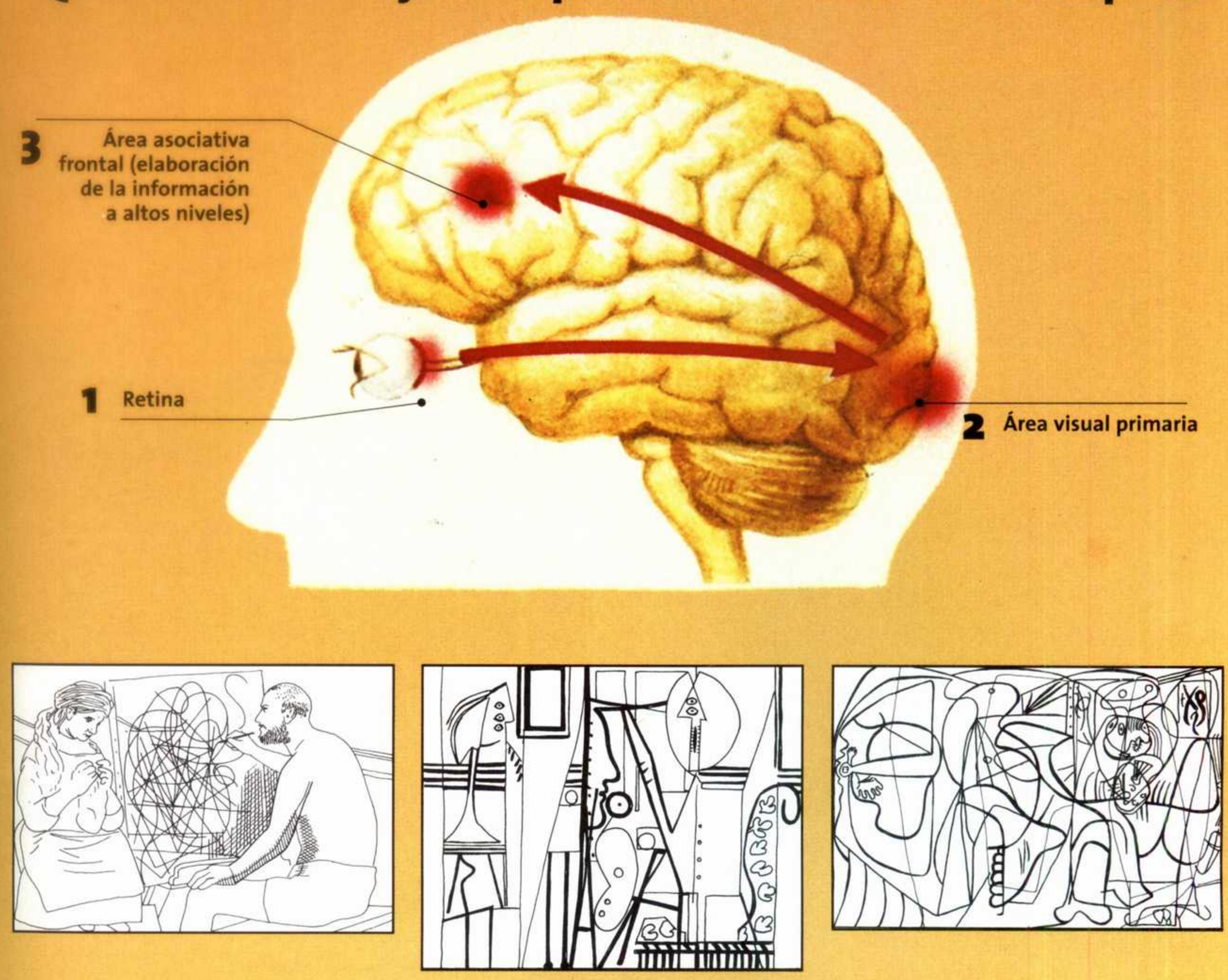
Apesar de los avances en el conocimiento del órgano más complejo del ser humano, los últimos descubrimientos sobre la fisiología del cerebro aún no han conseguido aclarar la existencia y la naturaleza de la interacción entre el cerebro y el 'Yo' individual. Esta interacción fue el objeto de estudio del premio Nobel de Medicina John C. Eccles que, junto al filósofo Karl Popper, afirmó que el mundo físico y la mente consciente de sí misma están separados pero comunicados. Las ciencias relacionadas con la neurología, la filosofía y las escuelas de psicología están todavía estudiando esta relación aunque aún están dando los primeros pasos.

Las nuevas técnicas de diagnosis –resonancia magnética nuclear, tomografía por emisión de positrones y encefalogramas– han hecho posible observar, casi *en directo*, el trabajo y la estructura del cerebro. Este avance ha permitido a los científicos fijar su atención sobre la formación y funcionamiento de la conciencia humana. Llegados a este punto, la cuestión que se plantean es la siguiente: ¿bastaría quizá con filmar y aclarar los mecanismos de la conciencia de las emociones del individuo para poder construir ordenadores que tengan los sentimientos y la sensibilidad del ser humano? Algunos científicos están intentando dar respuesta a esta pregunta, como el profesor de ingeniería Mushiya, de la Universidad de Tokyo. Para sus experimentos ha diseñado un método que registra mediante electrodos las señales eléctricas más débiles del cerebro. Con este sistema ha logrado seguir el proceso mental de reconocimiento de los caracteres escritos. También ha observado que algunas figuras simples, como los círculos o los triángulos, no se reconocen como figuras, sino como conceptos. Sus estudios le han permitido afirmar que concentrar la atención y la conciencia sobre una cosa u otra cambia el tratamiento de la información en el interior del cerebro como con un nuevo estado de ánimo. Por otro lado, en Italia, el psicobiólogo Alberto Oliverio ha estudiado las interacciones de las emociones con las otras funciones mentales, y ha demostrado que desarrollan una función primaria en la articulación de las estructuras cognitivas.

MEDIO SEGUNDO PARA CONOCER. Hace falta menos de medio segundo para que el cerebro realice todo el recorrido cognoscitivo desde la aparición de caracteres en el campo visual derecho. El alzado de las áreas del cerebro que se activan en sucesión se ha realizado a través de la medición, con electrodos, de la corriente eléctrica, de magnitudes mínimas, que se desprenden de la activación de las neuronas.

A: después de 0,06-0,07 segundos
B: después de 0,13-0,17 segundos
C: después de 0,22-0,25 segundos
D: después de 0,30-0,33 segundos
E: después de 0,41-0,45 segundos

¿Cómo se construye la experiencia? Picasso nos lo explica



1 Mundo visual (mundo figurativo)

2 Extrapolación de un detalle (mundo de la deformación)

3 Mundo visual cerebral (mundo de la abstracción)

• **¿Podrá alguna** vez un ordenador 'aprender' a construir circuitos similares a los que produce el cerebro en su interior gracias a la experiencia? Y, si es verdad que nuestro mundo emotivo nace de nuestras vivencias, ¿será posible hacer un ordenador sensible? Estas son algunas de las cuestiones que se plantea la comunidad de científicos. Entre ellos, se encuentra el profesor Tsukada, de la facultad de ingeniería de la universidad de Tamagawa (Japón), que estudia el funcionamiento del cerebro con el fin de construir un 'neuroordenador' cuyos circuitos sean lo más parecidos posible a los circuitos nerviosos. Tsukada explica el proceso de reconocimiento estratificado que va desde la retina hasta el núcleo visual de alta definición con la ayuda de tres obras del pintor Pablo Picasso, pertenecientes a la serie *El pintor y la modelo*. Según él, el boceto realista corresponde a la representación de la imagen sobre la retina; el deformado, a la representación de la descomposición que tiene lugar en la región visual primaria, y la obra abstracta corresponde a la representación de la unificación de la imagen con la información memorizada por la experiencia y el aprendizaje hasta ese momento.
Por lo demás, los estudios sobre las redes neuronales siguen ocupando a los laboratorios de todo el mundo, que están enzarzados en una lucha espasmódica contra la lentitud del aprendizaje. Sin embargo, que los 'neuroordenadores' y las redes neuronales nos lleven a una 'sensibilidad de silicio' es otra cuestión muy distinta, de la que se ocupan los filósofos de la ciencia.

DIARIO DE HISTORIA DE LA CIENCIA DE *NEWTON*. Así es como los periódicos de la época habrían anunciado los descubrimientos de la ciencia y la tecnología. Estas noticias son históricamente ciertas.

París, 29 de diciembre de 1895

EL ARTISTA INVENTOR

Desde su nacimiento el cinematógrafo ha tenido un impacto muy positivo. El mérito debe recaer en la figura de Louis Lumière, inventor pero sobre todo artista. A diferencia de lo acaecido con la primera fotografía de la historia, que imitando el arte figurativo, representaron natu-

ralezas muertas y retratos en estudio de aspecto académico, Louis Lumière ha retratado ya en la primera película la naturaleza y la inmediatez de la vida cotidiana. Gracias a su peso de sólo cinco kilos, la máquina de grabar puede ser llevada por las calles, entre la gente corriente, en los negocios, en los jardines. Podemos, por consiguiente, afirmar que ha nacido una nueva forma de arte.

Presentado el extraordinario invento del cinematógrafo

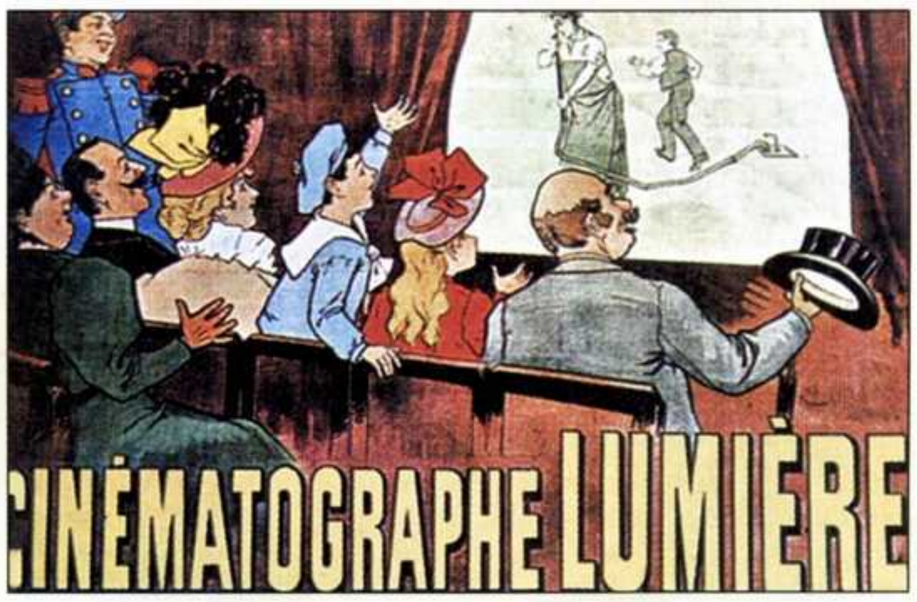
La fotografía en movimiento

Dos hermanos de Lyon, Louis y Auguste Lumière, han inventado un apartato que proyecta imágenes en movimiento sobre una pantalla. Es difícil distinguir la realidad de esta representación ficticia. El público, asombrado, ha huido ante la aparición de una locomotora

DESDE PARÍS

Ha nacido un nuevo arte, la cinematografía. Ayer por la tarde, en una sala de billar del Gran Café en el Boulevard des Capucines de París, dos inventores de Lyon, los hermanos Louis y Auguste Lumière han proyectado la primera película cinematográfica de la historia.

Cincuenta segundos de acción, igual a 800 imágenes rodadas a la salida de la oficina Lumière en Lyon, de una multitud de obreros y obreras que se han convertido así en los primeros actores de la historia del cine. Después, se han proyectado otras brevísimas películas, como *El almuerzo del bebé* o *El herrero*. El público mal preparado para asistir a este revolucionario espectáculo, se ha entusiasmado más allá de todo límite. Más de un espectador se ha levantado para comprobar si las imágenes se escondían dentro de la pantalla.



Así anunciaron los hermanos Lumière su cinematógrafo

Sin embargo, la culminación de la excitación ha llegado con la proyección de *La llegada del tren a la estación de Ciotat:* muchos espectadores se han levantado y han salido corriendo para ponerse a salvo, temerosos de que la locomotora entrase en la sala. Para hacer posible este maravilloso espectáculo se ha necesitado un invento de los hermanos Lumière: el proyector cinematográfico, el aparato que como ha declarado Louis Lumière, permite crear «la ilusión del movimiento», proyectando secuencias de 45 fotogramas por segundo, congelando por un instante cada fotograma delante del objetivo. El resultado es una reproducción perfecta de la realidad en movimiento.

Entre los espectadores presentes ayer por la tarde se encontraba el famoso mago Georges Méliès, que ha preguntado a los hermanos Lumière por la posibilidad de adquirir un aparato cinematográfico. Según Méliès «existen posibilidades de combinar con el cine los trucos de la magia en la que es insuperable». El cine conseguirá entonces crear ilusiones dentro de las ilusiones.

Así perfeccionaron los inventores franceses el 'Cinetoscopio' del americano Thomas Edison

El secreto del cine estaba en una máquina de coser

Los hermanos Lumière han empleado solamente un año para realizar el primer aparato para filmar. En 1894, su padre, Antoine Lumière, fundador de una industria de emulsión fotográfica en Lyon, les había enseñado el famoso 'Cinetoscopio' inventado por Thomas Alva Edison, el primer aparato con el cual fue posible observar una figura en movimiento, aunque fuera durante unos segundos solamente.

El 'Cinetoscopio' consiste básicamente en una lata provista de una lente de aumento que permite –a un solo espectador cada vez– observar las imágenes en movimiento sobre una película que pasa de modo uniforme delante de sus ojos.

Louis y Auguste Lumière han seguido, sin embargo, otro camino. Por primera vez han hecho posible la proyección de las imágenes sobre una pantalla y después han dado el golpe de genio definitivo: han inventado la perforación de la película, que permite el avance del film por impulsos congelando durante un brevísimo tiempo cada fotograma delante del objetivo, gracias a un sistema derivado del mismo por el cual la máquina de coser hace avanzar el tejido.

La idea ha sido puesta en práctica con una nueva película de celuloide realizada en los Estados Unidos. Así ha nacido el 'Cinematógrafo Lumière' que ha sido patentado rápidamente.

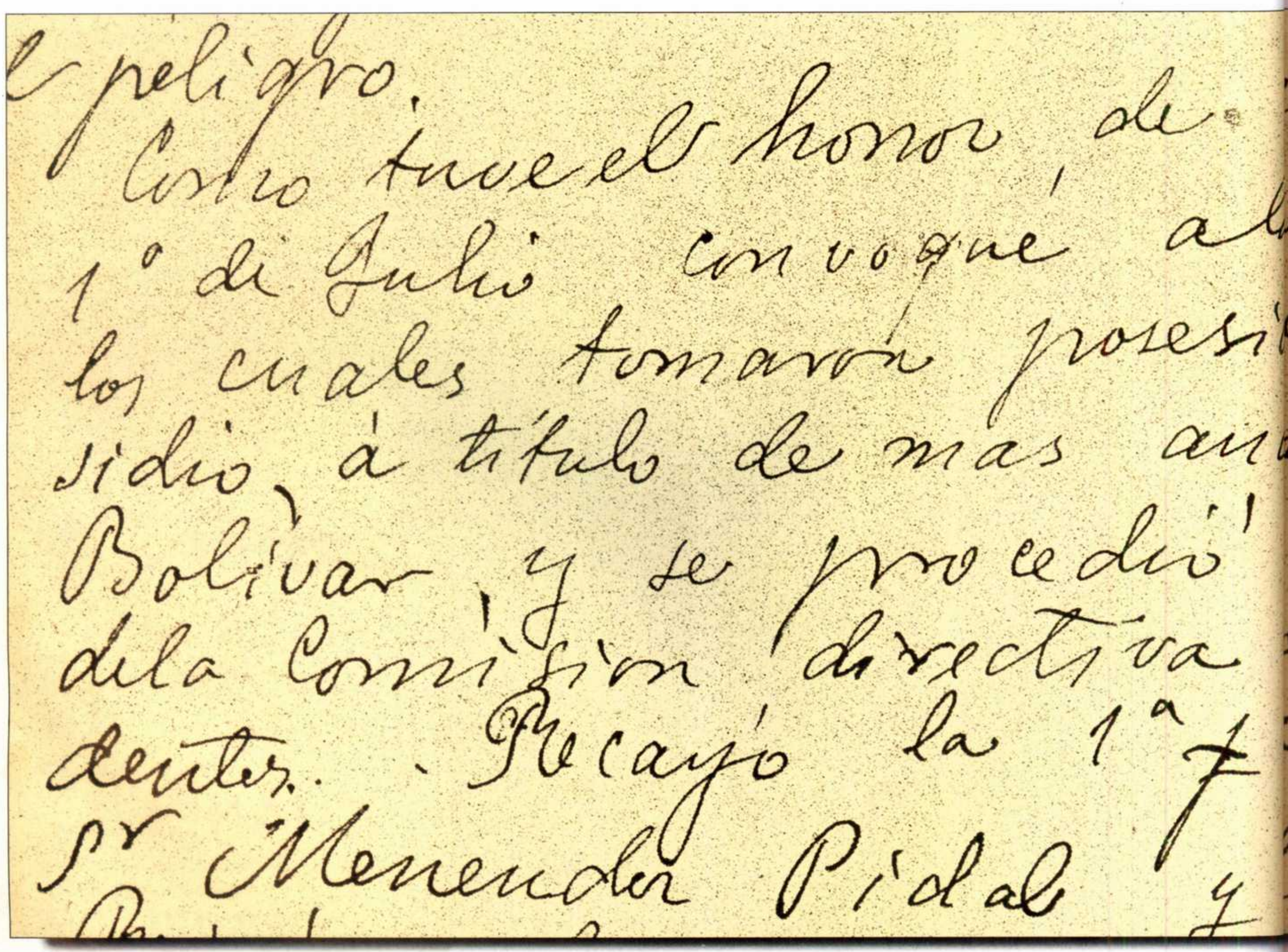
Así se desarrolló

El éxito del 'Cinematografo Lumière' sería inmediato: en el transcurso de pocos días, los dos hermanos se verán obligados a organizar 10 proyecciones diarias, con unos ingresos de 2500 francos. En 1902 Georges Méliès realizará el primer film de ciencia ficción.

Una lectura entre líneas

Firmas, testamentos, donaciones e incluso diarios han sido falsificados a lo largo de la Historia. Desenmascarar a los autores de estas *obras de arte* es labor exclusiva de los peritos calígrafos, verdaderos conocedores de la materia, que realizan esta labor ayudados por su saber y experiencia

POR PILAR GROSSO Y DAVID FERNÁNDEZ (FOTOS)


e peligro.
Cristo tuve el honor, de
1º di Julio con voque a
los cuales tomaron posesión
sidio à título de más
Bolivar y se procedió
dela Comisión directiva
dentes. Recayó la 1ª
Sr Menendez Pidal y

Desde imitar cuidadosamente una firma hasta copiar el diario completo de una persona, todo es posible en el universo de las falsificaciones. Heredar una fortuna que de otra manera nunca se obtendría, alterar los datos de un documento o de la vida de alguien en beneficio propio o simplemente enriquecerse de forma acelerada son los motivos que llevan a estos *artistas* a realizar sus falsas *obras de arte*. Y es que, a pesar de los esfuerzos, resulta imposible, incluso para el más capaz de los expertos, imitar la escritura autógrafa de un individuo. La razón debe buscarse en el mecanismo mismo de la escritura, comparable a un electroencefalograma que, mediante el registro de los impulsos eléctricos del cerebro y su relación con características fisiológicas y psicológicas, puede considerarse como un elemento único e inimitable.

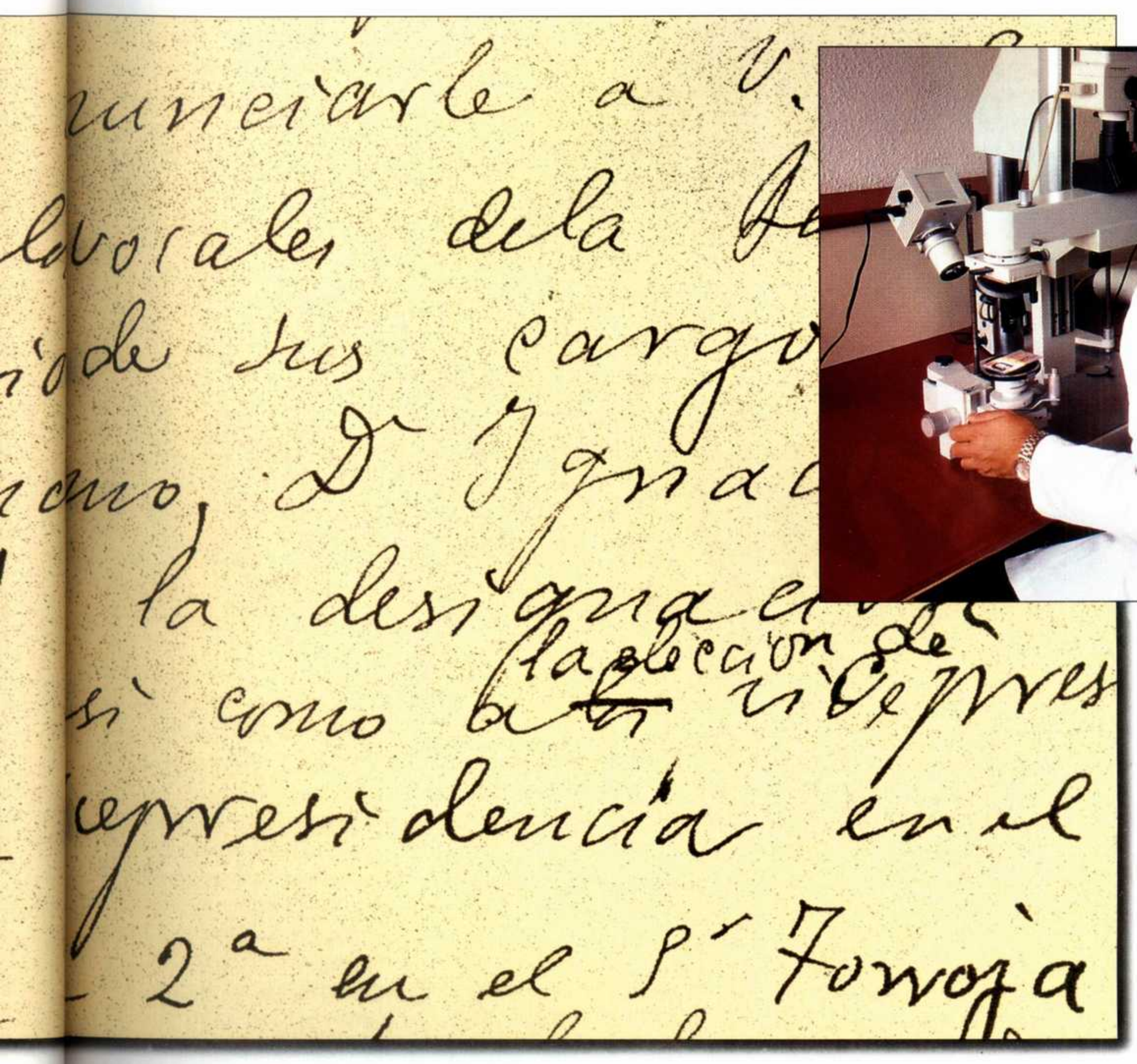
▶ Tipos de falsificación

Para llegar a descubrir que un texto ha sido alterado hay que empezar por conocer los distintos métodos de falsificación. El más banal de todos es sin duda el calco que, al producir un escrito clamorosamente tembloroso e indeciso, difícilmente pasa inadvertido a los ojos de nadie.

Pero cuando se trata de copiar un documento largo, el sistema más utilizado es el de manos libres: el falsificador escribe tras haber identificado algunos rasgos constantes de la escritura que pretende imitar y haberse ejercitado en su reproducción. Este sistema puede parecer menos arriesgado que el primero, en cuanto que el trazo gráfico parece natural y por tanto no levanta tantas sospechas, pero, en realidad, es un sistema suicida para quien lo practica, porque el escrito no sólo no superará un mínimo examen, sino que además revelará inevitablemente en algunos rasgos la identidad de su autor.

Con la llegada del escáner, se ha difundido otro sistema, hasta hace poco considerado como extremadamente complejo. Así, las letras que componen un documento primero se fotografían, luego se recortan y ensamblan en un nuevo texto y, finalmente, con una paciencia infinita y pinceles muy finos, se copian por calco. Sin embargo, hoy en día, el ordenador y el escáner permiten generar copias exactas de forma rápida y sencilla, que después pasan a imprimirse con la ayuda de un *plotter* (dispositivo que hace gráficos y

continúa en pág. 44 →



CARTAS AUTÓGRAFAS
A la izquierda, una de las cartas del Premio Nobel de Medicina Santiago Ramón y Cajal que llegaron a la sección de Documentoscopia del Servicio de Criminalística de la Comisaría General de la Policía Científica, en Madrid, para su estudio. Arriba, Antonio Vega Ramos, jefe de dicho departamento, analiza un documento, ayudado por un microscopio criminológico o de comparación.

dibujos a partir de datos electrónicos). Un sistema que permite variar el flujo de tinta y aplicar distintos tipos de presión en la escritura de un documento.

▶ Respuesta de los expertos

Entonces, ¿cómo responden los expertos ante tan extenso, complejo y estudiado abanico de falsificaciones? «No existe la falsificación perfecta y, aunque tampoco existe la máquina que identifique la escritura, nosotros contamos con nuestro saber y nuestro trabajo», comenta Antonio Vega Ramos, Jefe de la sección de Documentoscopia de la Comisaría General de la Policía Científica de Madrid. Un servicio

COMO SHERLOCK HOLMES. Por muy hábil que sea un falsificador, sin duda, siempre dejará algún indicio que no escapará a los ojos atentos y experimentados del perito calígrafo.

Todos los rasgos que hacen única la escritura

• RELACIONES ENTRE LAS DIMENSIONES

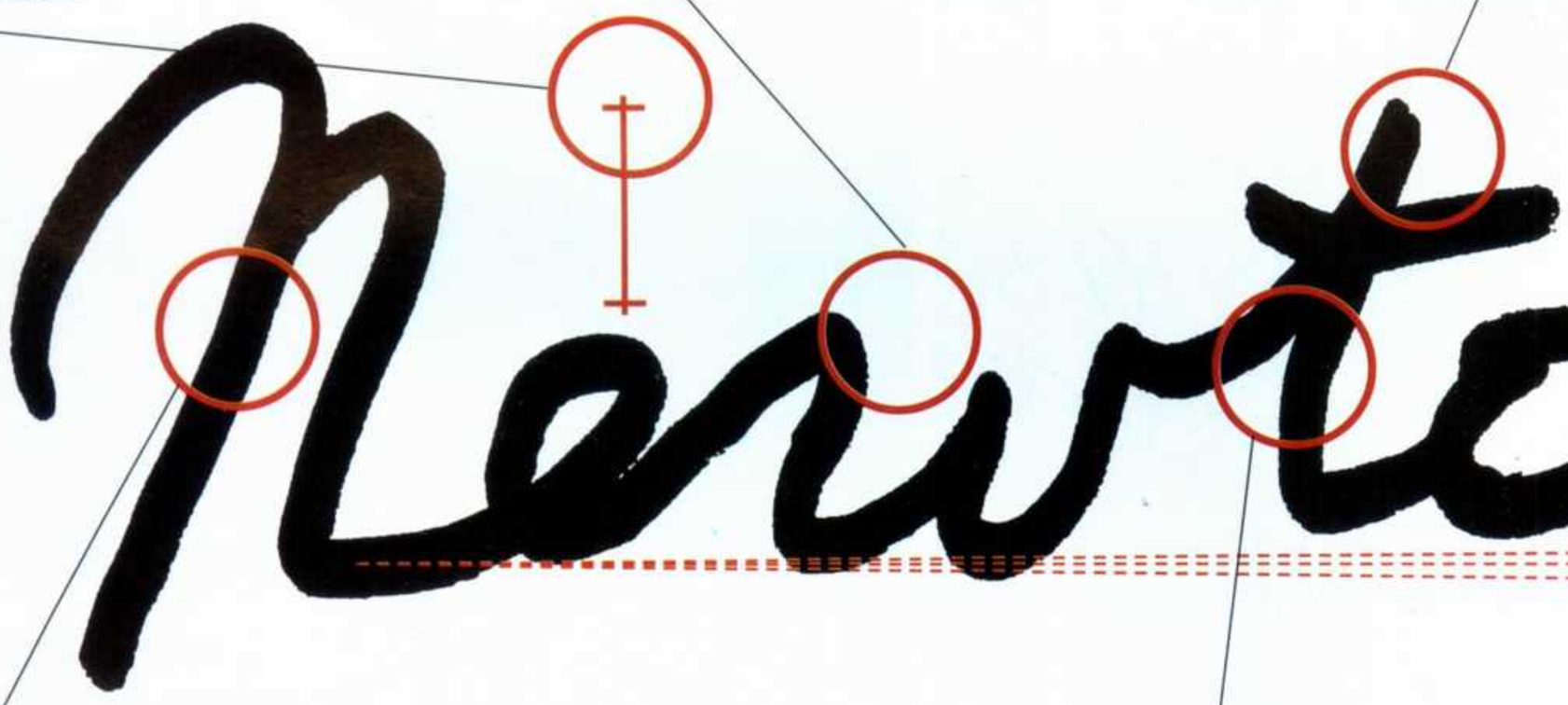
Es uno de los rasgos característicos de la escritura que se manifiesta tanto por la altura de las letras (medidas en relación al cuerpo de la palabra), como por la relación entre la altura del cuerpo de las letras minúsculas y las relativas prolongaciones por encima y por debajo del cuerpo de la palabra.

• ESCRITURA INGENIOSA

Es una grafía repleta de trucos inventados para no levantar el bolígrafo del papel. Presenta encadenamientos armoniosos e insólitos.

• LOS CORTES DE LA 'T'

En el ejemplo, el corte de la 't' es retorcido (con una concavidad hacia arriba) y preciso (dispuesto a tres cuartas partes del palo). El corte de la 't' puede ser también incorporado (trazado con un sólo movimiento sin que quede desligado del palo), repetido (dos cortes que en realidad forman uno), ligadura descendente (con un pequeño gancho hacia arriba), ligadura ascendente (con un gancho hacia abajo), curvilíneo (con una concavidad hacia abajo), con volteo (el corte se dirige primero a un lado y luego a otro), ascendente (parte desde abajo y se proyecta hacia arriba), descendente (de arriba abajo), alto (trazado por encima del astil vertical), bajo (siete décimas por debajo del astil, calculados desde el inicio del trazo), avanzado o retrasado (dispuesto respectivamente a la derecha o izquierda del trazo principal), o bien omitido.



• INCLINACIÓN

Al escribir, los trazos verticales de las letras pueden ser perfectamente perpendiculares al plano horizontal de la página, o bien estar inclinados hacia la derecha o la izquierda. También pueden variar de inclinación de forma regular desde el principio hasta el final de la línea.

• FORMA DE LOS TRAZOS

Los trazos pueden ser rectos, ladeados hacia la izquierda (como en el ejemplo) o hacia la derecha, independientemente de su grado de presión o inclinación. Existen muchos tipos de palos: los rectos, curvados en la parte inferior, retorcidos, curvados y retorcidos, curvados y rectos, retorcidos en la parte inferior, con puntas retorcidas. Los trazos se clasifican además en gruesos, gruesos por dentro o finos...

Para establecer la frecuencia de estos tipos de palos, que generalmente están presentes en distinto grado en todas las escrituras, se calcula cuántos palos sobre 100 están rectos, cuántos curvados, cuantos retorcidos, y así sucesivamente. Además, se pueden combinar distintas tipologías y tener, por ejemplo, palos gruesos y curvos o finos y retorcidos.

central que se complementa con otras 14 sedes repartidas por toda España. «Estamos íntimamente ligados. Aunque ninguna de las diferentes unidades de Documentoscopia depende directamente de la nuestra, sí que realizamos, a nivel técnico, labores de coordinación y asesoramiento, puesto que somos los más antiguos», asegura Antonio Vega.

Y es que este departamento, formado por 27 profesionales, algunos con más de 30 años de experiencia, se dedica al análisis de todo tipo de documentos mecanografiados, de impresora moderna o manuscritos utilizando para estos últimos la grafoscopia o estudio de las grafías. Una variante de la grafología o técnica que se utiliza para intentar conocer al individuo por sus escritos, aunque la grafoscopia no estudia el carácter de la persona, sólo pretende averiguar la identidad del autor de un documento.

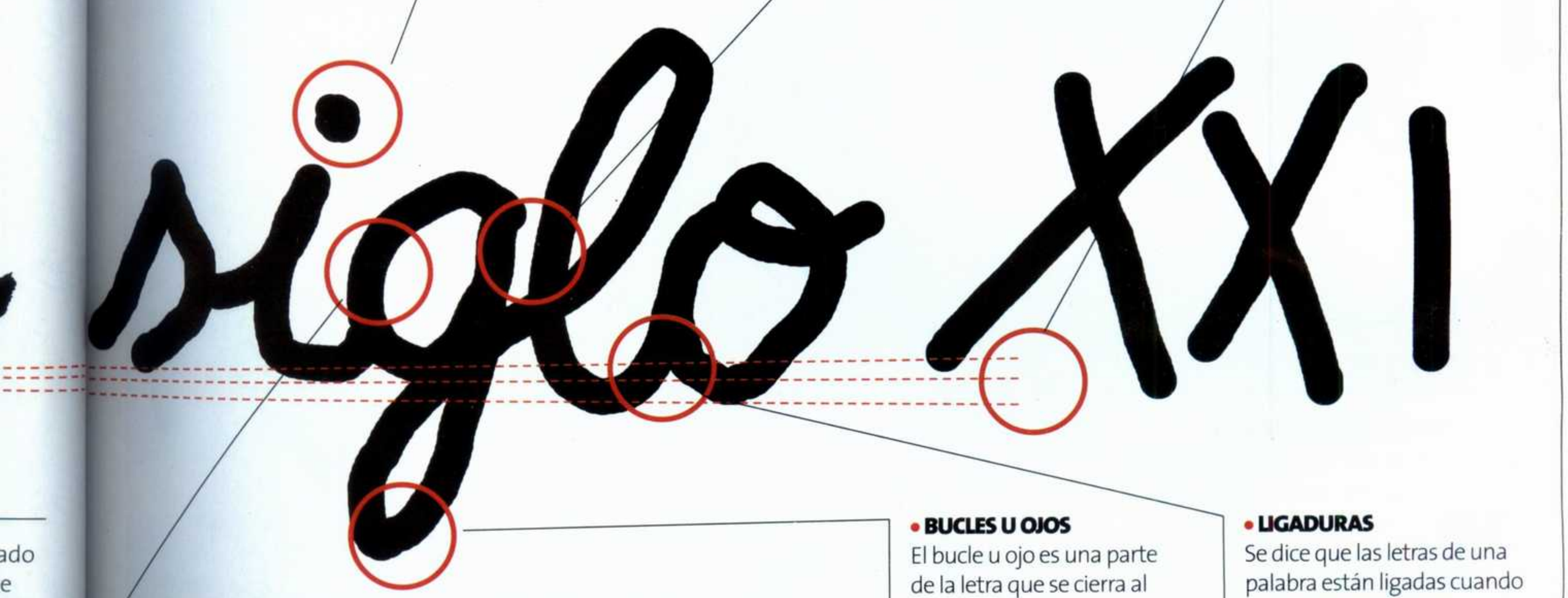
Según afirma Vega Ramos, «en Documentoscopia casi no existe la investigación policial, la mayoría de los casos nos llegan por requerimiento judicial. El juzgado nos manda un escrito, la mayoría de las veces cheques bancarios, para ver si está realizado o no por esta u otra persona y nosotros seguimos un procedimiento». A la persona a investigar se le piden

continúa en pág. 46 →

• PUNTO SOBRE LA 'I'
En el ejemplo, el punto sobre la 'i' está avanzado (situado a la derecha en relación al trazo central de la letra). En cambio, en otras ocasiones puede estar también pegado al cuerpo de la letra (es decir, escrito sin levantar el bolígrafo del papel), alto (a más de la mitad de las prolongaciones medias de la grafía en cuestión), bajo (por debajo de la mitad de las prolongaciones medias), centrado (perfectamente vertical al palo de la letra), como acento (el punto reviste la forma de una coma o de un acento circunflejo), como un círculo (el punto se asemeja a un círculo vacío), omitido (en todas y cada una de las 'íes' y con bastante frecuencia.

• DISTANCIAS Y ESPACIOS
Los espacios se refieren a la distancia que separa una letra de otra, una palabra de la siguiente, el que existe entre dos líneas, desde los márgenes izquierdo y derecho, superior o inferior en los que se enmarca el documento. Los signos que deben tomarse en consideración son el espacio entre palabras (ancho o estrecho), el espacio entre letras (estrecho, justo, amplio), el interlineado (justo, estrecho, amplio), y los márgenes.

• POSICIÓN SOBRE LA LÍNEA
En la escritura, las palabras pueden trazarse en función de una línea paralela a los bordes superiores e inferiores del papel (líneas paralelas), o bien con una disposición que tiende a subir (línea ascendente), o bajar (línea descendente), sin respetar la horizontalidad.



• FORMAS Y GRADOS DE REDONDEZ
Los ojos o bucles de las letras 'a', 'd', 'g', 'o' y 'q' podrían trazarse con una circunferencia perfectamente redonda, pero esto supone una elección personal en comparación con los trazos inconscientes que interfieren en el signo gráfico. Cuanto más fuertes son estos impulsos, más desviados estarán los ojos o bucles de las letras. De esto se deriva un distinto ángulo de la letra, pero para el grafólogo lo importante no es tanto el ángulo en sí como la repentina desviación en el trazo.

• BUCLES U OJOS
El bucle u ojo es una parte de la letra que se cierra al final de un palo; normalmente se encuentra en las letras 'b', 'l', 'g', 'f', si se trazan de acuerdo con el modelo caligráfico, pero también puede estar en las letras 't', 'd', 'z', 's', 'p' y 'q'.

• LIGADURAS
Se dice que las letras de una palabra están ligadas cuando han sido trazadas sin levantar el bolígrafo del papel (como en el ejemplo). Por el contrario se dice que están desligadas cuando la grafía presenta numerosas separaciones en el encadenamiento de las letras.

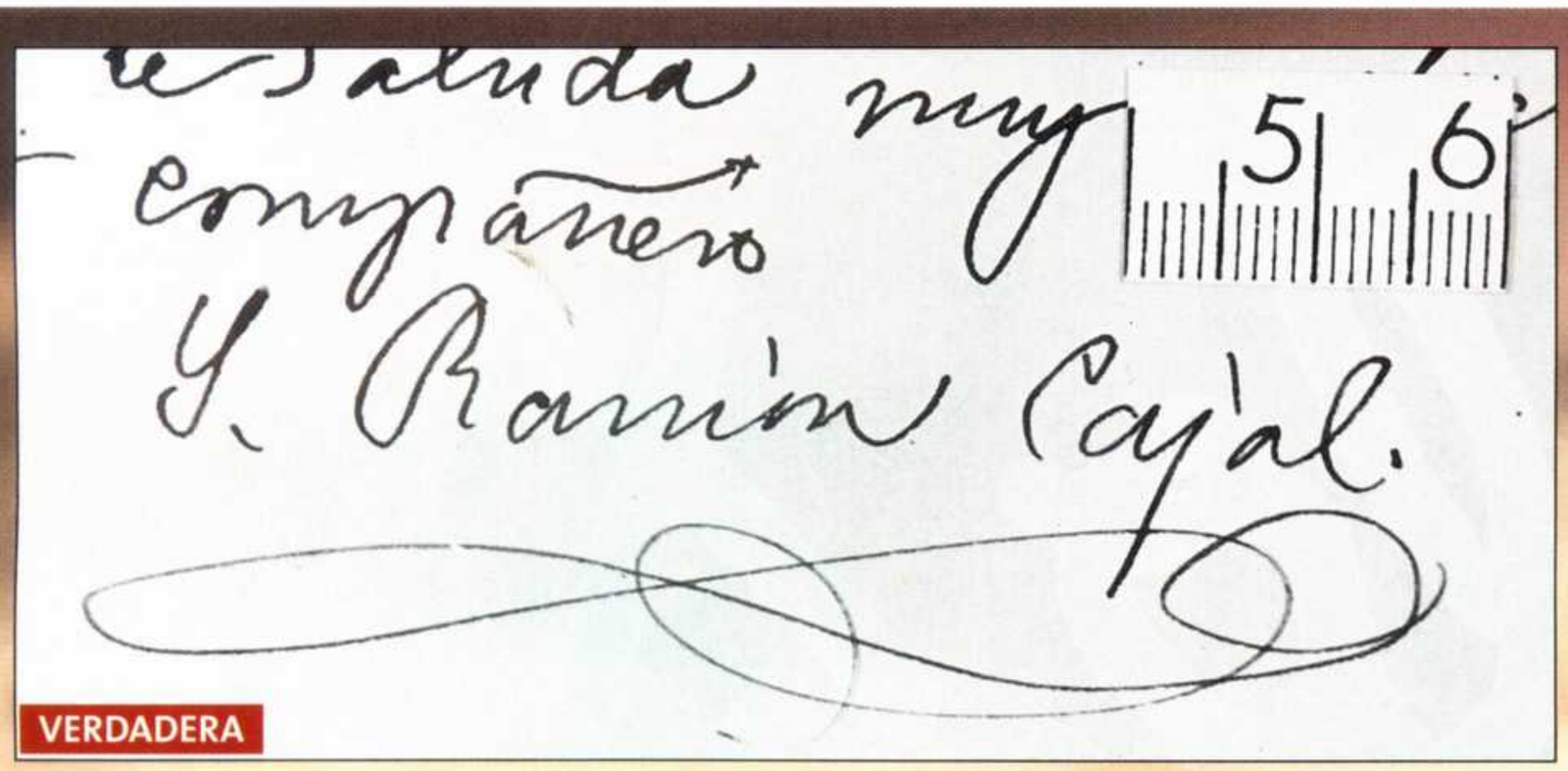
varios cuerpos de escritura propia o *indubitada* para poder compararlos con el texto problemático o *dubitado*. Se aplican una serie de técnicas ya establecidas, como el estudio individualizado y, si el texto lo requiere, el instrumental (con aparatos como el microscopio de infrarrojos o el comparador videoespectral). Después se sacan las características principales y finalmente el perito ofrece su valoración: autenticidad en caso de que la letra coincida con la de la persona a la que se examina y falsedad si es de otro.

«El problema de la peritación caligráfica es precisamente que, después del estudio que se realiza, la última valoración del perito es un poco subjetiva, aunque siempre se remite a los hechos», dice Ramos, jefe de la sección de Documentoscopia, y añade, «para nosotros es la parte más difícil. Requiere mucha experiencia, algo que sólo se adquiere en esta *universidad* después de muchas horas de trabajo en equipo, a pesar de que casi todos en la sección son o policías de la escala ejecutiva (tres años de carrera) o facultativos (carrera superior) como una doctora en Arte, un licenciado en Derecho, otro en Historia y otro en Geografía, es decir, gente formada».

Y todo esto lo cuenta porque una valoración pericial es algo muy serio y puede servir como prueba acusatoria en un juicio. «Emitimos un informe que se manda a la autoridad judicial y luego nos llaman para exponer los resultados del estudio. Cuando la única prueba acusatoria es la nuestra y el reo

continúa en pág. 48

TRABAJO EN EQUIPO. En la sección de documentoscopia de la Comisaría General de la Policía Científica de Madrid se combina la experiencia con la profesionalidad y el trabajo en equipo.



LOS SECRETOS DEL TRAZO

No existen dos caligrafías gemelas, ni siquiera una persona escribe de la misma manera en ocasiones diferentes. Todo depende del estado de ánimo, nerviosismo, cansancio, prisa etc. Por eso, para autentificar una firma hacen falta, no una, sino varias muestras reales de escritura (indubitadas) para poder compararlas con el documento dudoso o problemático (dubitado). Aunque en ocasiones, como ocurre con estas dos firmas en las que figura el nombre del Nobel de Medicina español Ramón y Cajal, se observan claras diferencias de trazo.

se conforma con la pena que le imponen es que reconoce su culpa. En caso contrario, nos quedamos hasta las conclusiones, en donde se prueba nuestra fiabilidad, que normalmente es muy alta.
«Nosotros, al ser un servicio público y gratuito, nos alejamos bastante de ambas partes. Se podría decir que en este trabajo somos los más objetivos y esto es algo que los jueces aprecian mucho», continúa Ramos y concluye, «siempre se ha dicho que no hay crimen perfecto y sí malos investigadores. El problema no es de la escritura sino de la falta de estudio y dedicación por parte del perito en lo que está trabajando». Por eso los jueces, para asegurarse, piden a veces varias peritaciones y, aparte de las privadas, a cargo de personas formadas para tal propósito, requieren la actuación de la Policía o la Guardia Civil. Las dos entidades públicas con competencia en este campo.

▶ Máquinas contra delitos

Otros casos bien distintos son las alteraciones y borrados en documentos bancarios como modificar la cifra de un cheque de 100.000 pesetas a 2.100.000 (a la derecha en la foto), o cambiar completamente el nombre del beneficiario. Dos de los fraudes más frecuentes y además los más fácilmente detectables. Y todo gracias al microscopio de infrarrojos, una máquina capaz de separar o eliminar una superposición de diferentes tintas sobre el papel. En toda España, la Policía Científica lleva analizados, desde enero a junio de este mismo año, 923 cheques dudosos y, por supuesto, no son todos los que llegan hasta sus dependencias.
También es corriente el caso de los intercalados o inclusión de cláusulas en un contrato en los que se puede descubrir si éstas fueron añadidas después o al mismo tiempo de la fecha de emisión del documento y, si está manuscrito, quién realizó el escrito.
Afortunadamente, contra todos estos delitos, la ciencia y la técnica siguen su camino. En los últimos tiempos se habla mucho de la *Smartpen*, una pluma *inteligente* que posee una empuñadura con sensores que miden la presión de los dedos al escribir sobre el papel. Un *microchip*, situado en la punta, es capaz de conectarse a las bases de datos de los bancos donde se encuentran registrados los datos personales, la firma y la presión ejercida por el titular de la cuenta al escribir. En Alemania, donde llevan años investigando una máquina que puede llegar a determinar que dos escritos son iguales.
Pero, el verdadero problema de este adelanto y otros similares radica en que una persona no escribe dos veces de la misma manera. La escritura es una manifestación del cerebro y puede que el individuo actúe bajo presión, que tenga frío, que esté dormido o cansado, que haya tormenta y que todo esto le influya. Por todo ello, se puede asegurar que todavía no existe la máquina que registre esta variación en la escritura propia de una persona, aunque la grafología sí que interpreta estos detalles.

La escritura es una manifestación del cerebro y varía según la situación

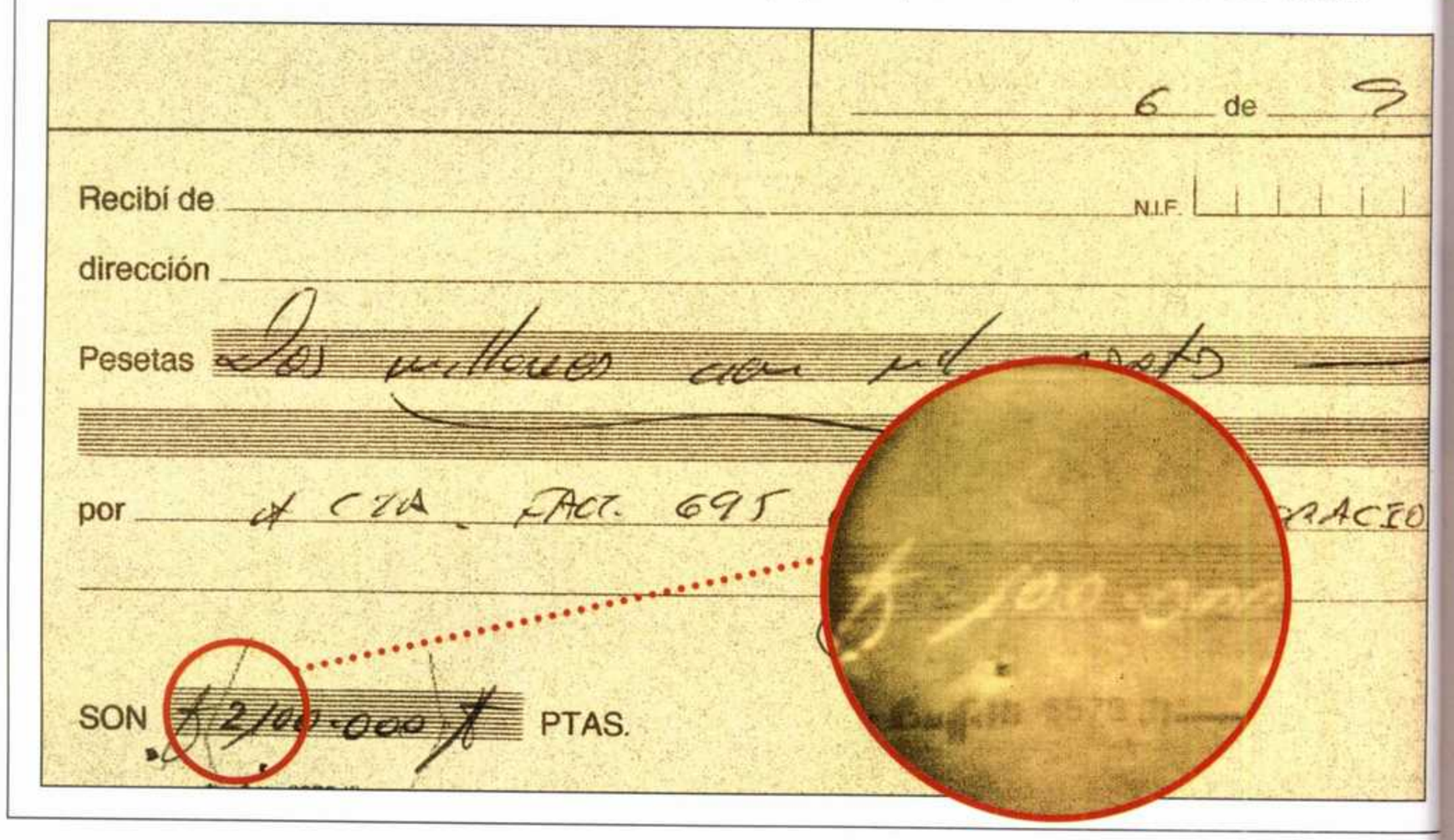
▶ Dime qué letra tienes y...

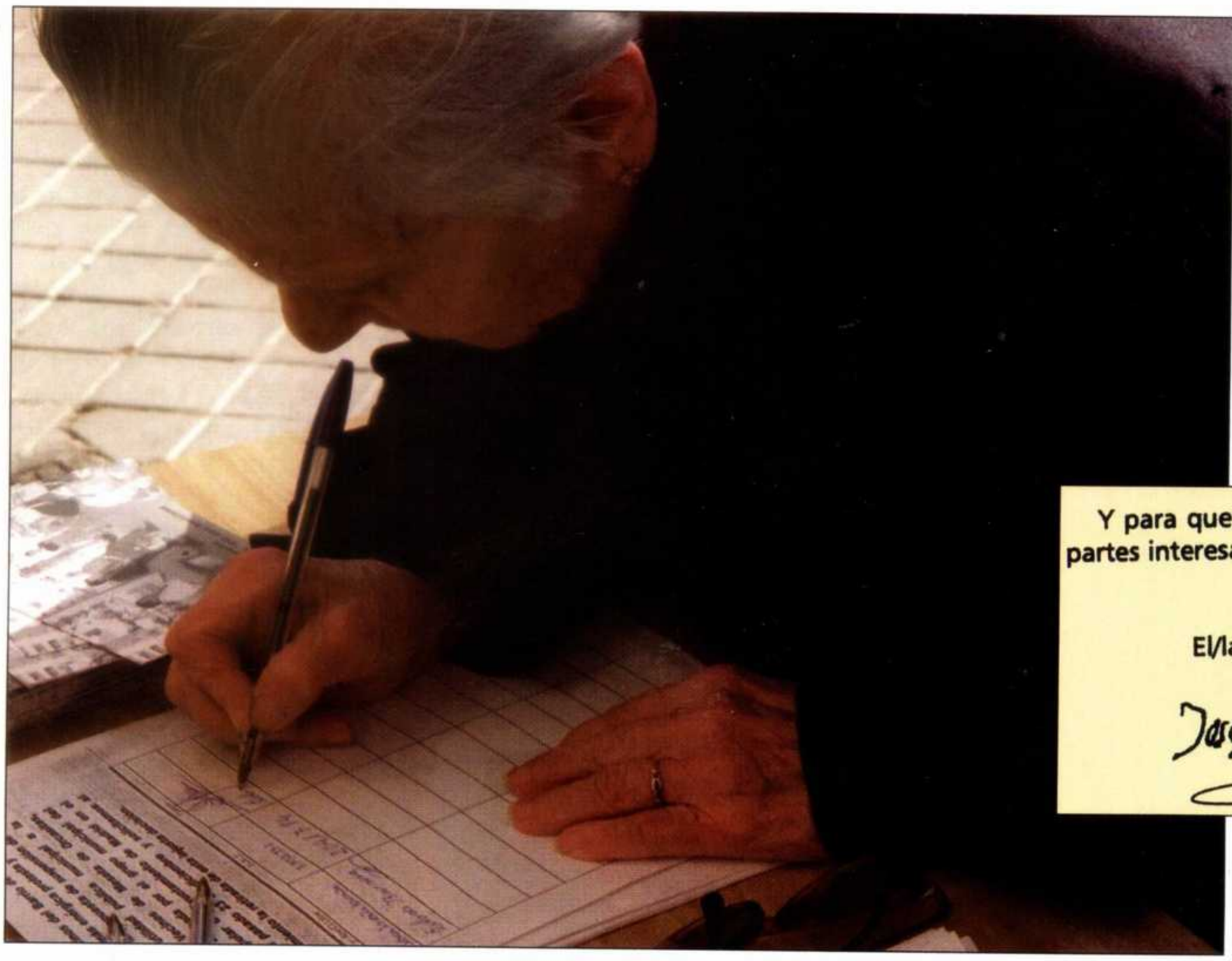
Aplicar la grafología significa descubrir la personalidad de un sujeto a través de su escritura, además de otros detalles.

continúa en pág. 50 →

Pequeños trucos contra los cheques falsos

• **Cada año circulan** en España millones de cheques y un buen número de ellos son falsos. Un volumen de negocio criminal que hasta ayer utilizaba la decoloración de la tinta y ahora se sirve del láser. ¿Cómo defenderse de esta práctica? A falta de algo mejor, conviene cumplimentar los cheques siempre con un bolígrafo de punta redonda (nunca una pluma o una máquina de escribir). Y aunque suene exagerado, se recomienda delimitar tanto el importe como el beneficiario con dos barras laterales, añadiendo la expresión «No transferible». Para mayor seguridad, se pueden emplear uno de los muchos métodos que existen en papelerías especializadas contra la falsificación de documentos (líquidos protectores, tinta imborrable, tiras autoadhesivas). Si se envían cheques por correo conviene certificarlos y si se acepta el cheque de un desconocido, hay que comprobar que no haya sido alterado y que no esconda tachaduras o raspaduras detrás del sello o firma.





SIGNOS DE LA EDAD
La escritura de los ancianos presenta una problemática muy especial y requiere un estudio detallado y minucioso. Con el paso de los años la caligrafía de las personas va evolucionando, pero en el caso de un anciano su letra se vuelve temblorosa e irreconocible. Por eso, a la hora de autentificarla no basta con un cuerpo de escritura. Normalmente es necesario un historial o conjunto de textos y firmas cronológicas para poder observar mejor su evolución.

Y para que así conste se extiende este contra
partes interesadas.

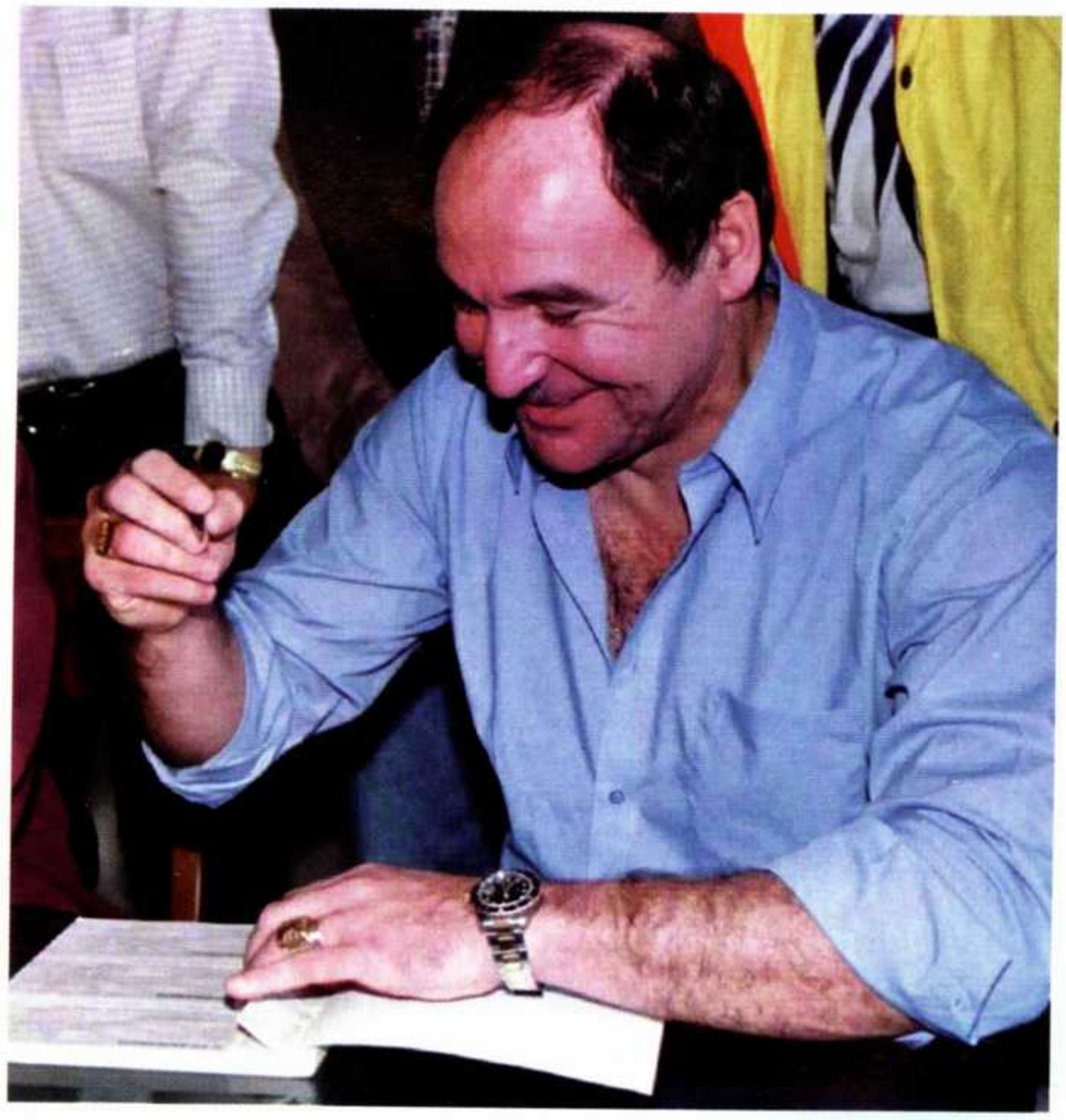
En .....

El/la trabajador/a

El/l
de

que van mucho más allá. Susana Gómez Lages, directora del Centro de Estudios Grafológicos de Madrid explica a *Newton*: «La escritura es tan amplia que te permite obtener una visión completa de cada individuo. Habla sobre aspectos intelectuales, sobre actividad, conducta y también, y aunque sorprenda, sobre salud en todas sus manifestaciones, lo que incluye tanto enfermedades físicas como psíquicas. Y la grafología es la herramienta que permite sacar de un escrito toda esa información».

Por eso, es ahora tan importante para la selección de personal. «Aparte de la típica entrevista, los test psicológicos y las pruebas de idiomas, cada vez son más los que optan por completar la selección con un estudio grafológico. En ellos se descubren aspectos muy importantes como si el entrevistado tiene ganas de trabajar, si es responsable, positivo y voluntarioso, o por el contrario, si se trata de alguien agresivo, mentiroso o resentido», corrobora Susana Gómez.



UN NEGOCIO DE MILES DE MILLONES. Por todo el mundo circulan cada año gran cantidad de cheques falsos que suponen millones de pesetas en pérdidas. Y no es tan difícil evitarlo, empezando por utilizar un bolígrafo de punta redonda y no una pluma estilográfica.

Otro punto interesante es saber si el candidato es alcohólico o consume drogas. Nadie va a una entrevista de trabajo después de consumir cocaína o haberse tomado unas copas, y la grafología también descubre todo esto. «Para nosotros más delicado que el tema de la drogodependencia y el alcohol, es el de la salud. Nunca a la hora de hacer una selección de personal comunicamos a la empresa datos sobre las posibles dolencias físicas del individuo, aunque sí se pueden diagnosticar. Distinto es cuando se trata de alguien con algún trastorno psíquico agudo, porque realmente no debe ponerse a trabajar hasta que no lo supere», responde Susana.

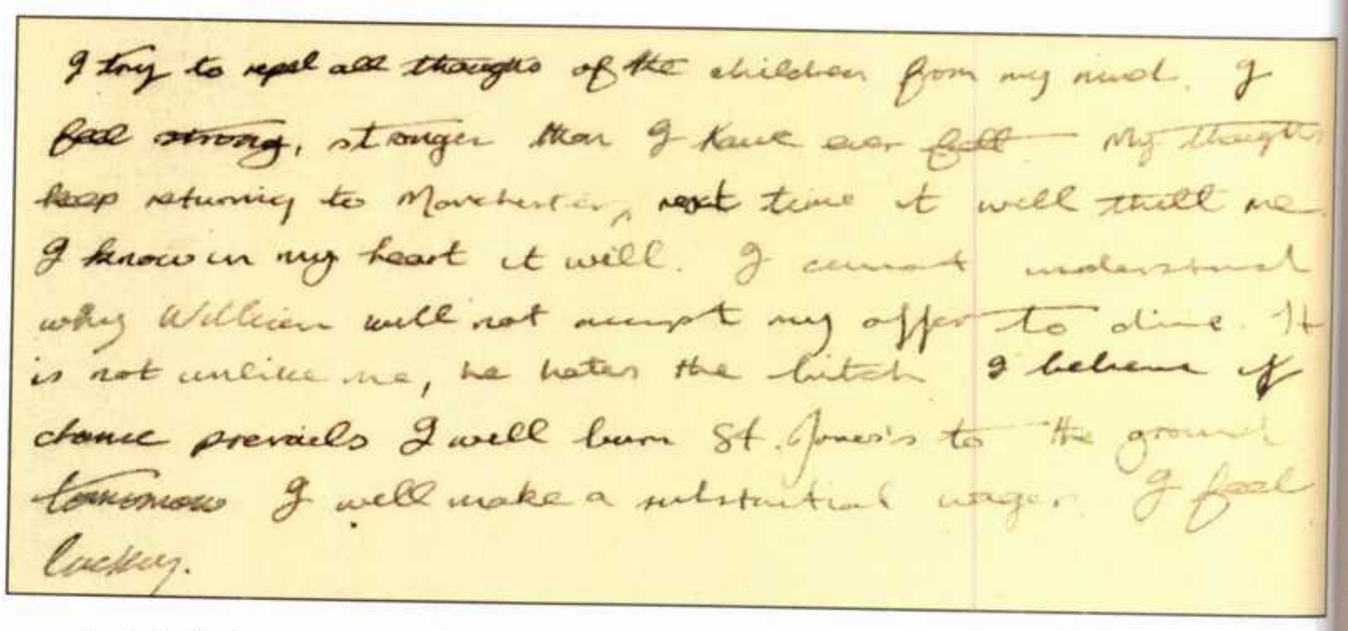
Por otro lado, también se da el caso de gente que pide por voluntad propia un análisis de su escritura. Desde la persona

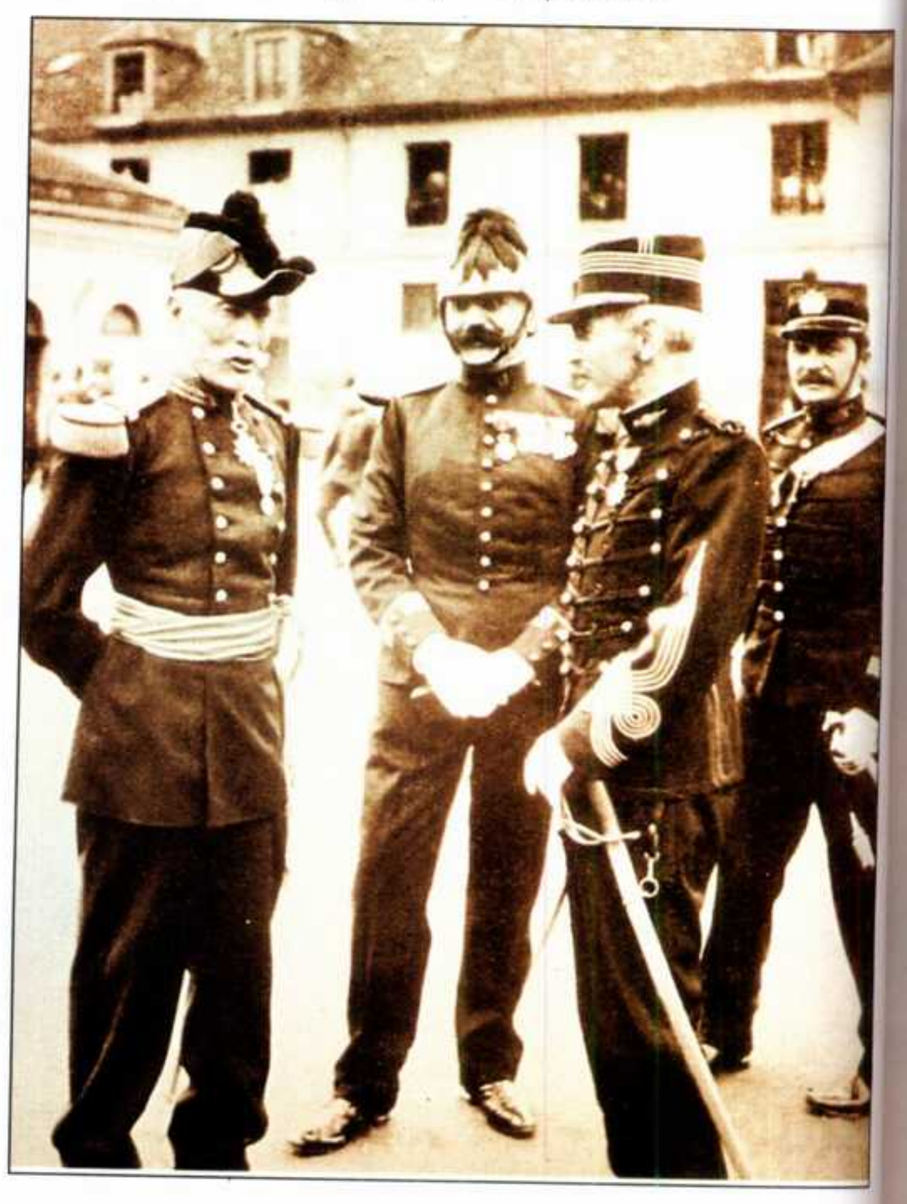
continúa en pág. 52 →

Estos fueron los verdaderos falsificadores de la Historia

• **Fue Lorenzo Valla,** humanista y filósofo del siglo XV, quien desenmascaró el fraude más trascendental de la Historia, la llamada Donación de Constantino, un documento apócrifo (con toda probabilidad redactado en el siglo VIII en el monasterio francés de St. Denis) por el que el emperador Constantino puso en manos de la Iglesia Católica el control de Roma e Italia. En 1898, Crépiexux-Jamin, con una pericia que marcó el nacimiento de la grafología, demostró la inocencia de Alfred Dreyfus, oficial judío del ejército francés injustamente acusado de ser un espía alemán. Durante la segunda posguerra, grafólogos de gran habilidad desenmascararon uno tras otro diarios falsos vendidos a precio de oro a revistas y periódicos como los de Mussolini y Churchill. Sin olvidar los supuestos diarios de Hitler que se convirtieron en el fraude periodístico más grande de todos los tiempos.

En 1993 le llegó el turno a otro documento desconcertante: el diario de Jack el Destripador. Lo escribió en 1888 James Maybrick, un comerciante escocés que supuestamente cometió los delitos bajo los efectos de las drogas. Aunque nada indica que no se trate de otro fraude colosal, peritos calígrafos, historiadores y expertos buscan todavía la respuesta.


I try to repel all thoughts of the children from my mind. I feel strong, stronger than I have ever felt. My thoughts keep returning to Manchester, next time it will thrill me. I know in my heart it will. I cannot understand why William will not accept my offer to dine. It is not unlike me, he hates the bitch. I believe if chance prevails I will burn St. Jones's to the ground tomorrow. I will make a substantial wager. I feel lucky.



ERRORES CLAMOROSOS. De izquierda a derecha, el semanario alemán Stern anuncia, en 1983, el descubrimiento de los diarios de Hitler; una página del de Jack el Destripador y una foto de Dreyfus (a la derecha) en 1906, después de su rehabilitación.

que tiene problemas de pareja y desea que se le haga un estudio de compatibilidades con su compañero hasta el que quiere saber si en un juicio se sabría que ha firmado un determinado escrito. «Una vez vino un señor que, de forma disimulada, trataba de enterarse si era posible que un documento con su firma fuera declarado como suyo. Se le realizó un estudio y salió con una fiabilidad bastante alta que era su firma. Después de quejarse y decir que era una injusticia intentó pedirnos que le enseñáramos a escribir de otra manera, de forma que cuando saliera el juicio no se reconociera su letra. Evidentemente se le comunicó que se había confundido de lugar, pero eso depende de la ética de cada uno», nos cuenta la directora del Centro de Estudios Grafológicos, «todo es porque esta técnica permite cambiar o corregir determinados rasgos de la escritura y aquí se hace, pero siempre con fines terapéuticos. Ahora, de ahí a eso que se comenta de que la grafología puede curar enfermedades graves, como el cáncer, hay mucha diferencia».

INTERNET

@ http://www.angelfire.com/ak/psicologia/index. html
@ http://www.arrakis.es/~pastors/
@ http://bbs.seker.es/~grafomarketing/
@ http://www.accesoweb.com/GRAFO/index.htm
@ http://www.todoesp.es/centro-de-grafoterapia/

UN EQUIPO DE CIENTÍFICOS daneses ha creado el primer chip compuesto por un solo átomo. Se trata de un átomo de hidrógeno que se mueve adelante y atrás, por lo que podría usarse como interruptor binario. La tecnología basada en este descubrimiento no tendrá un desarrollo comercial antes de 20 años.

SECCIÓN COORDINADA POR ALBERTO DE LAS FUENTE

Un superordenador vigila los arsenales nucleares

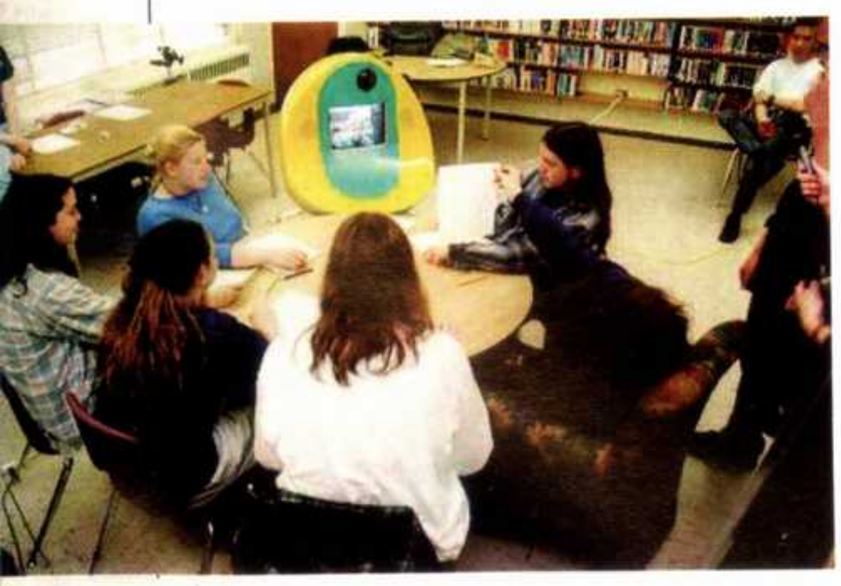
Un nuevo récord acaba de batirse en el mundo de la informática: el del ordenador más potente del planeta. Se trata de un desarrollo de IBM, un superordenador encargado por el gobierno de Estados Unidos conocido como *Pacific Blue*. Su nombre le viene porque uno de sus primeros usos será el de proporcionar los complejos cálculos que se necesitan para controlar los arsenales nucleares estadounidenses sin necesidad de realizar pruebas reales. Con él, no serán necesarias más explosiones como la de la imagen. Todo en *Pacific Blue* es descomunal: su capacidad de proceso es de 3,9 teraflops, o lo que es lo mismo, 15.000 veces más rápido que un PC normal y corriente. Su memoria es 80.000 veces mayor que la de un equipo de sobremesa. Y su precio también es descomunal: 93 millones de dólares, unos 14.000 millones de pesetas.

Cerraduras microscópicas

Imagina usar un microscopio para poder ver la cerradura de su casa o de su vehículo? Pues pronto puede convertirse en una realidad. Investigadores del Sandia National Laboratories han desarrollado el cerrojo más pequeño del mundo. Se trata de seis minúsculas ruedas de tres micras de diámetro, integradas en un chip. En conjunto, el 'microcandado' mide menos de 1 cm. de largo y la mitad de ancho. Sus inventores aseguran que también podrá usarse para proteger los ordenadores del ataque de los piratas informáticos, así como integrado en tarjetas inteligentes y en cualquier otro producto electrónico. El sistema es un dispositivo electromecánico que funciona por un sistema de clave numérica. Quien desee abrirlo, debe introducir la combinación correcta. En caso contrario, se bloquea y sólo podrá volver a ser utilizado si su propietario lo desbloquea.

Que vaya el robot a clase

Se suele decir que los niños soportan mejor las enfermedades graves que los adultos, y además se recuperan antes. Pero, aparte del dolor y de lo engorroso de los tratamientos, hay algo que se les hace muy cuesta arriba: quedarse retrasados en el colegio. Una enfermedad que se prolongue varias semanas puede hacerles perder el curso entero. Si la afección es crónica, o se prolonga varios años, la frustración académica puede ser enorme. Para superar este problema ahora han encontrado un aliado. Se trata de 'Pebbles' (literalmente, 'guijarros'), un robot dotado de pantalla de televisión y cámara para poder seguir las clases. El artefacto ocupa el sitio de clase que su propietario no puede ocupar. Éste, desde su casa o desde el hospital, puede seguir el desarrollo de las clases, y hasta levantar la mano para hacer preguntas. De esta forma, los pequeños pueden seguir al mismo ritmo que el resto de sus compañeros. Pebbles está fabricado por una pequeña empresa canadiense: Telbotics Inc. y su precio se acerca a los seis millones de pesetas (40.000 dólares). Para más información puede visitar http://www.telbotics.com/



Catherine, la periodista con inteligencia artificial

Hola, me llamo Catherine. ¿Cómo te llamas?
-Hola, yo soy David.
-Encantada de conocerte, David. ¿Has leído lo que dicen sobre el 'caso Lewinsky' los periódicos? Vaya lío, ¿no?
-Pues sí.
-Pienso que la vida privada del Presidente sólo le interesa a él.
-Sí, supongo que sí.
Este diálogo entre el presidente de una empresa y una periodista no es intrascendente. Principalmente porque la periodista es un programa informático albergado en un ordenador. Catherine tiene su propia personalidad, 26 años y acento británico. Puede conversar, con notable soltura, sobre unos 60 temas. Y supone un importante paso adelante en la difícil búsqueda de una inteligencia artificial capaz de interactuar con los seres humanos. En el futuro, este sistema podrá servir para asuntos como escuchar y responder las peticiones de usuarios y clientes en empresas y organismos públicos. Es más se especula con que puedan convertirse en una especie de *robot de compañía* para jugar o ver la tele, e incluso podrían percibir y reaccionar a estados emocionales de sus propietarios. Catherine ha sido creada por una empresa británica, The Intelligence Group.

Un mes para conquistar Marte

Se llama motor de fragmentos de fisión y es un proyecto revolucionario con el que se reducirían las distancias del Sistema Solar. Carlo Rubbia, premio Nobel de Física, ha presentado recientemente en Ginebra una propuesta para viajar por el espacio interplanetario. ¿Será la energía nuclear el camino para recorrer trayectos considerados hasta ahora imposibles?

POR PAOLA CATAPANO y BEATRICE BRESSAN

Son las 16.17 h. del 10 de octubre del 2018. En el Centro Espacial Kennedy de Cabo Cañaveral, la cuenta atrás para la misión más ambiciosa del hombre en el espacio (después del programa Apolo, que en 1969 le llevó la Luna) está en el momento crucial: «Tres, dos, ignición, ¡ascendiendo!». El primer viaje tripulado a la superficie de Marte ha comenzado. Tenemos 57 millones de kilómetros por recorrer a través del espacio interplanetario y más de dos años y medio de misión.

Solamente el viaje de ida durará 259 días, siguiendo la *trayectoria Hohman*, una elipse en torno al Sol comprendida entre la órbita terrestre y la marciana. Esta ruta permite aprovechar la fuerza de atracción solar y así ahorrar combustible.

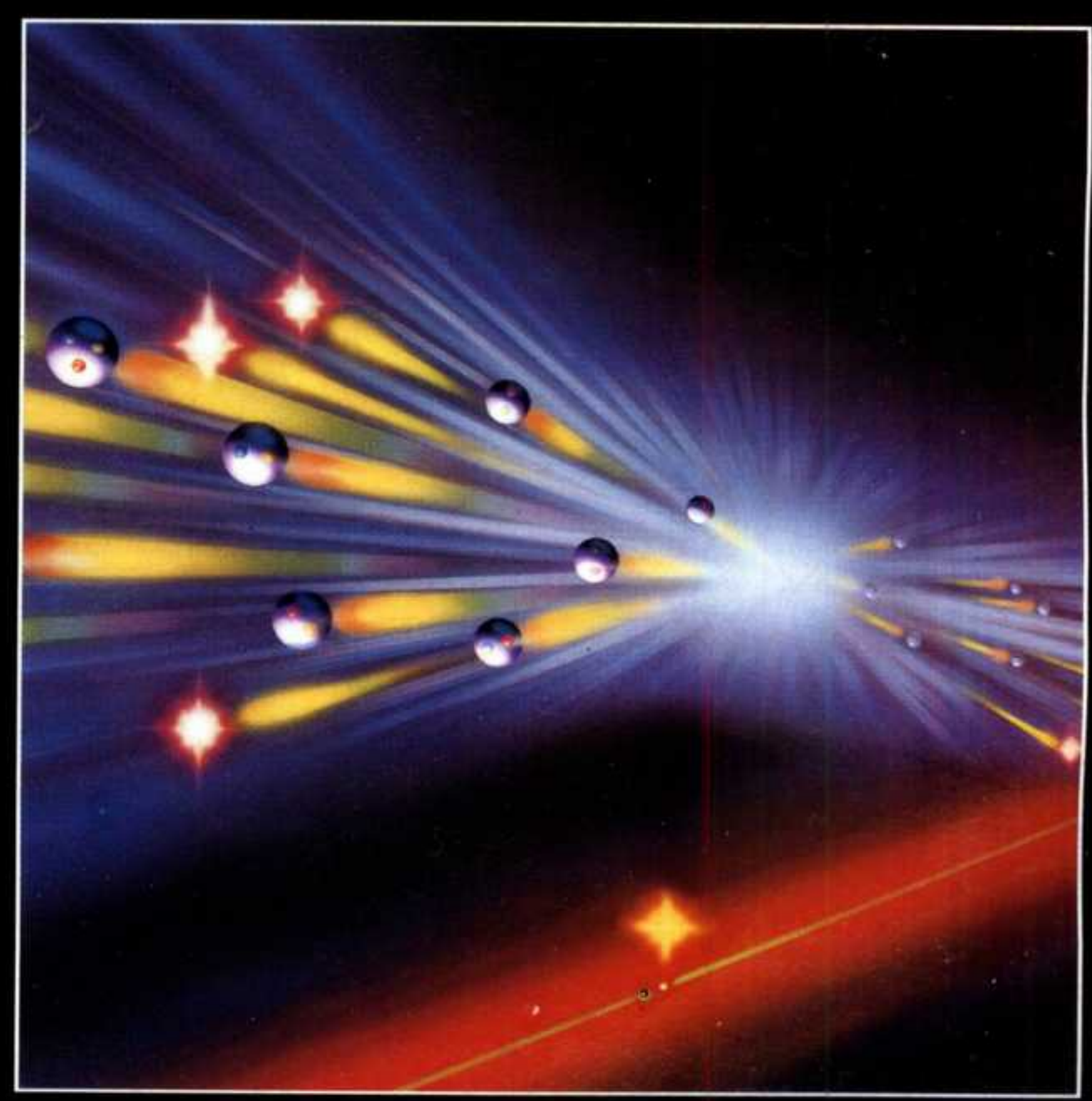
Aterrizamos, o mejor dicho *amarcianamos*, en el lugar identificado hace unos cuantos años por el robot Pathfinder, preparándonos para una estancia obligada de 453 días, el tiempo necesario para que los dos planetas vuelvan a encontrarse en la situación ideal para el regreso. El camino a casa durará otros 259 días, pero la espera vale la pena, pues nuestra expedición podría desvelar el misterio del origen de la vida en el Sistema Solar.

Esto puede parecer el argumento de una película, pero se hará realidad. La fecha del 2018 está marcada en el calendario de la NASA para el comienzo de una misión tripulada a Marte. Un viaje que presenta innumerables problemas, como el de la duración, aunque, gracias a un novedoso motor ideado por Carlo Rubbia, el tiempo necesario para alcanzar el *planeta rojo* se podría reducir a un mes.

Se trata de un dispositivo de propulsión nuclear que el Nobel italiano acaba de presentar a la comunidad científica. «Si en la Tierra la energía nuclear se encuentra en competencia con otras formas de energía, en el espacio interplanetario presenta carac-

continúa en pág. 60 →

HASTA LOS CONFINES DEL SISTEMA SOLAR
Según el proyecto presentado por el físico Carlo Rubbia (en la foto de la izquierda), una pequeña nave alimentada por energía nuclear (abajo, en el recuadro, la división del átomo) podría permitir al hombre viajar por el espacio recorriendo enormes distancias.



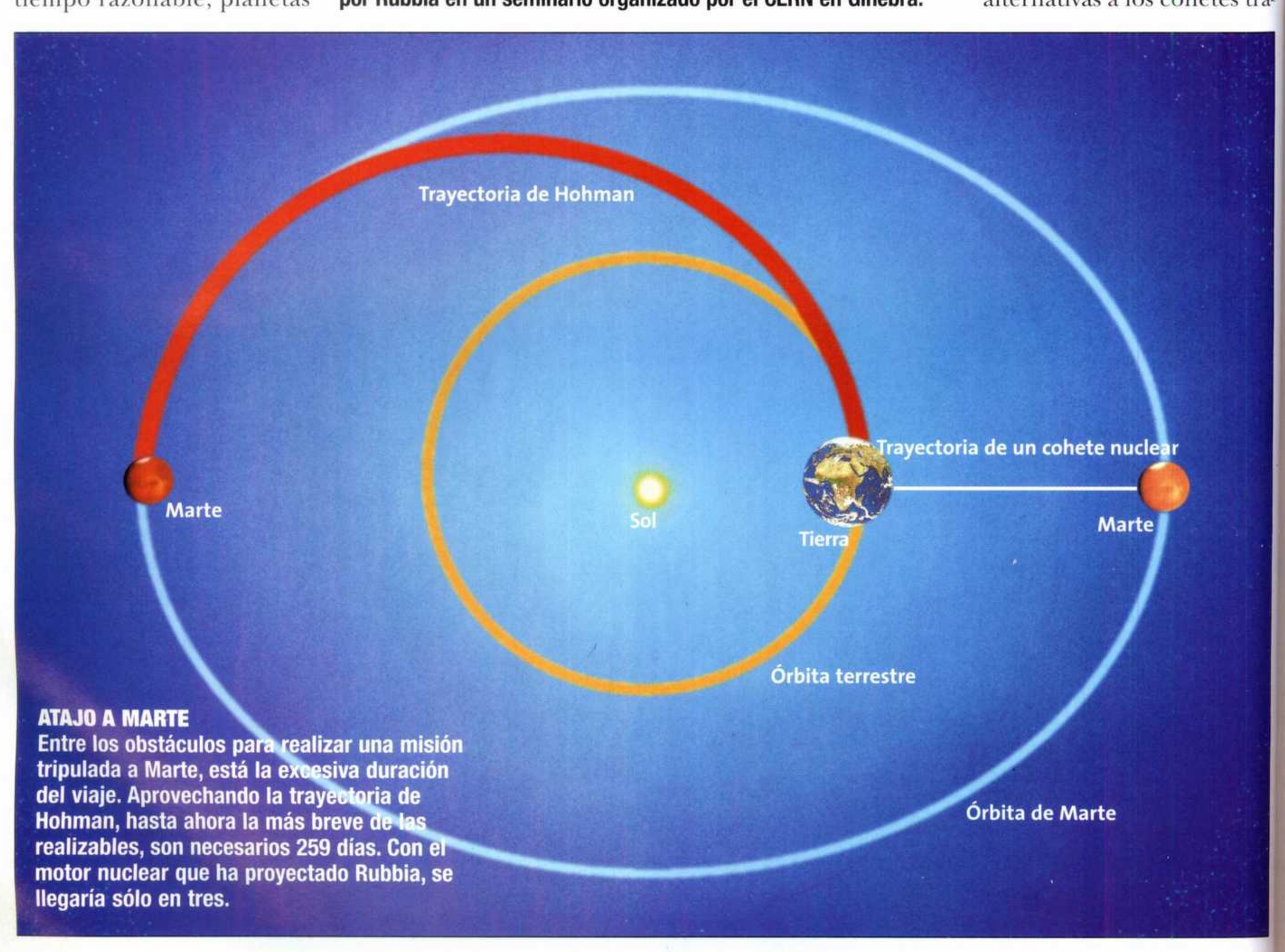
terísticas únicas que la hacen indispensable para hacer realidad la exploración de Marte, los planetas lejanos y sus satélites», ha declarado Rubbia al presentar su motor de *fragmentos de fisión*, que promete ser 10 veces más veloz que los motores actuales.

Hoy en día, los vehículos espaciales se mueven quemando combustibles químicos (oxígeno, hidrógeno, queroseno) que, sin embargo, tienen una limitación infranqueable: su rendimiento energético es muy bajo y se necesitarían cantidades desmesuradas de carburante para aumentar la potencia del motor y desarrollar la aceleración necesaria para alcanzar, en un tiempo razonable, planetas que distan millones de kilómetros de la Tierra.

LECCIÓN PARA EXPERTOS. El proyecto futurista de un motor velocísimo que funciona con energía nuclear ha sido presentado por Rubbia en un seminario organizado por el CERN en Ginebra.

Todo se juega en el impulso inicial. Los vehículos espaciales gastan la mayor parte de su combustible en la fase de lanzamiento y, una vez que han entrado en órbita, navegan aprovechando la atracción gravitatoria del Sol y de los demás planetas.

Habría que emplear un gran derroche de recursos, puesto que para enviar a Marte una carga útil de 200 toneladas (personas, instrumental, combustible para el viaje de regreso), sería necesario lanzar 70.000 toneladas. Por ello, los proyectos actuales de exploración interplanetaria están buscando soluciones alternativas a los cohetes tra-



ATAJO A MARTE
Entre los obstáculos para realizar una misión tripulada a Marte, está la excesiva duración del viaje. Aprovechando la trayectoria de Hohman, hasta ahora la más breve de las realizables, son necesarios 259 días. Con el motor nuclear que ha proyectado Rubbia, se llegaría sólo en tres.

dicionales de combustible químico.
En la NASA se está estudiando la manera de reducir la duración de la misión a Marte no sólo utilizando trayectorias más eficientes, como la de Hohman, sino también sistemas de propulsión basados en el empleo de combustible nuclear. Propulsión nuclear de bajo impulso, plasma como combustible y energía de fusión son algunas de las alternativas más prometedoras frente a los combustibles químicos. Pero, según los expertos, ninguno de estos sistemas, en el estado actual de la tecnología, puede ofrecer un billete para Marte. La propulsión de bajo impulso no bastaría para naves capaces de transportar personas; el plasma alcanzaría tales temperaturas que su uso como carburante sería inviable; y la tecnología de la fusión, todavía en los inicios de su aplicación terrestre, no puede ser, por el momento, adaptada a las condiciones de un largo viaje espacial.
Entonces, ¿por qué no utilizar la fisión nuclear (es decir, la división de los átomos que se está usando actualmente en las centrales nucleares) para lanzar un cohete al espacio?
Ésta es la idea de Rubbia, que utiliza, sin embargo, un sistema completamente diferente a los que hasta ahora se están estudiando en los proyectos de cohetes nucleares. El proyecto americano de motor para cohetes Nerva (finalizado en 1970, después de 20 años de desarrollo) ya se basaba en la fisión nuclear, pero no lograba aprovechar plenamente la energía sin riesgo para los astronautas y reduciendo al mínimo el impacto medioambiental.
En el proyecto Nerva, la conversión de calor en energía mecánica o eléctrica requería el uso de vehículos muy pesados, voluminosos y compuestos de diferentes módulos. La solución que propone Rubbia, por el contrario, es utilizar directamente los fragmentos *lanzados* por los átomos durante la fisión nuclear, que producen una gran cantidad de energía controlable. La propulsión generada por el movimiento mismo de los fragmentos de los átomos permite utilizar directamente el 88% de la energía total del proceso de fisión nuclear. No sería necesario transformarla

Con el motor de Rubbia podremos explorar los confines del Sistema Solar

continúa en pág. 62 →

CUESTIÓN DE PESO. Para los largos viajes espaciales, se necesitan medios ligeros y capaces de transportar carga útil. Con una capacidad de carga útil igual (173,9 toneladas), un cohete con motor de fragmentos de fisión (derecha) tendría una masa inicial de 250 toneladas, en vez de las 2.780 de los cohetes actuales (izquierda), y sería 10 veces más rápido (40 Km./seg. frente a los 4,3 Km./seg.).

Un proyecto abandonado

• **El Nerva** fue un programa puesto en marcha en 1963 en los laboratorios americanos de Los Alamos (dirigido por industrias como la Westinghouse y la Aerojet) y basado en un reactor nuclear de grafito. El sistema utilizaba un núcleo formado por barras de uranio, circonio y un compuesto de carbono en una matriz de grafito. Antes de su interrupción obtuvo los siguientes resultados:
1) Potencia térmica máxima alcanzada: 4.500 Megavatios.
2) Temperatura de expulsión: 3.038° centígrados.
3) Impulso: 113.400 kilos.
Se realizaron 23 pruebas del motor en el Nevada Test Site de la Nuclear Rocket Development Station.

en calor y luego en movimiento, como sucedía en los cohetes de propulsión nuclear estudiados hasta el momento. Otra ventaja sería disponer de un flujo continuo de combustible durante toda la misión, y no limitarlo únicamente a la fase de lanzamiento, reduciendo notablemente el peso total del vehículo.

Rubbia tiene también escogido el tipo de átomo que mejor se prestaría para este proyecto: el americio, concretamente su isótopo, llamado americio 242. Una película de americio de una milésima de milímetro de espesor es capaz de alcanzar inmediatamente las condiciones adecuadas para la fisión, llegando a temperaturas de más de 500.000 grados.

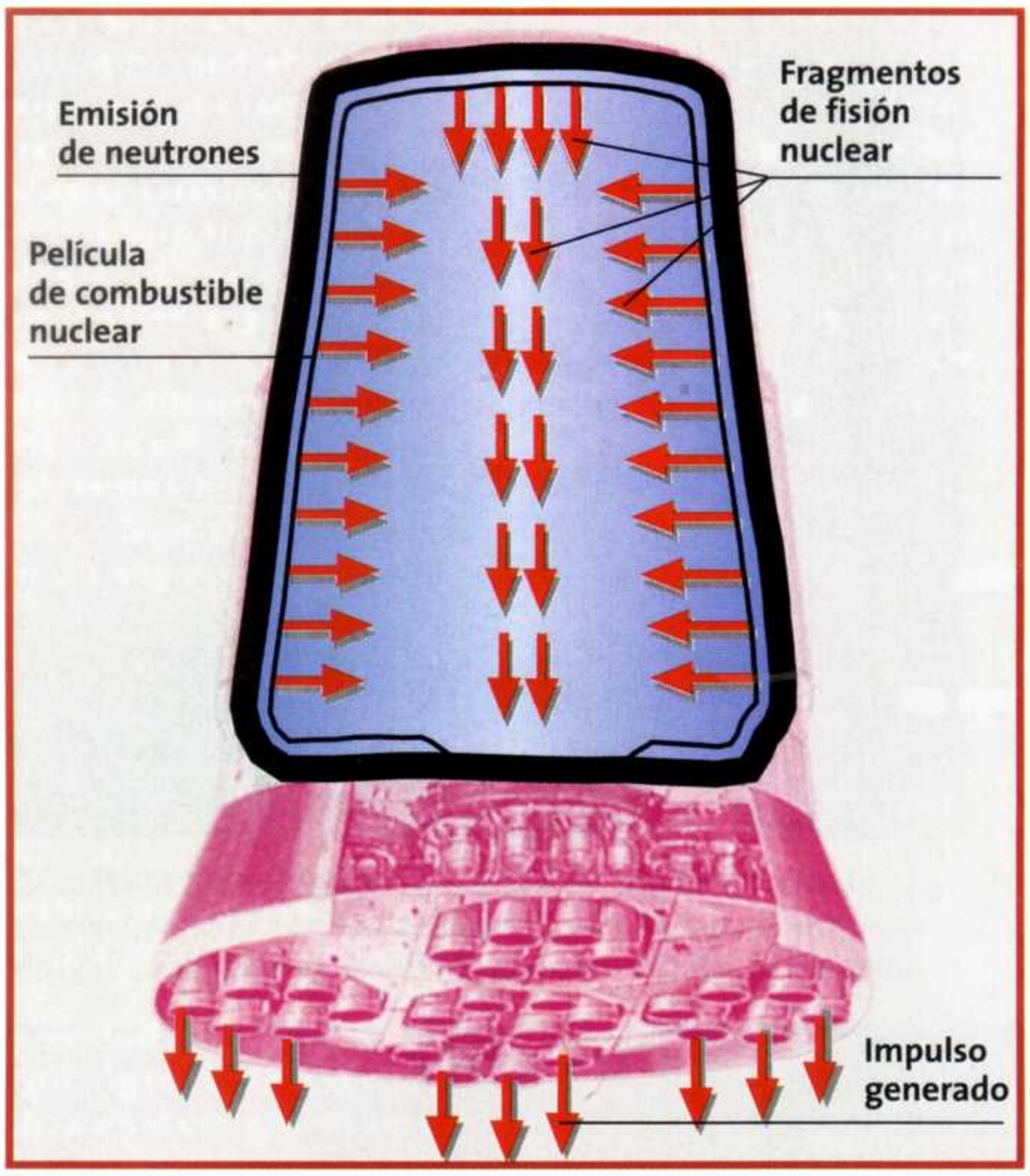
«La energía liberada por un único gramo de americio equivale a la producida por una tonelada del mejor carburante químico», explica Rubbia. «Con aproximadamente un kilogramo de esta sustancia, se podría alcanzar Marte un mes, en lugar de los años y medio de las previ nes actuales, a bordo de pequeña nave reutilizable las dimensiones de un Jum En menos de un mes se garía a un satélite de Júpi llamado Europa o a los sa lites de Saturno, metas la NASA ha elegido para fu ros proyectos», concluye Nobel italiano.

Por no hablar de lugares alejados, más allá de los fines del Sistema Solar. U sonda enviada a la Nebul de Oort, el lugar más aleja de nuestro Sistema Sol donde se cree que tienen gen los cometas, podría d velarnos el misterio de la a rición de estos cuerp celestes, y ayudarnos a p venir el riesgo de impac con nuestro planeta.

Para comprender mejor posibilidades que nos ofre el motor espacial de Rubb basta con pensar que u sonda equipada con este tema podría alcanzar en 200 años la estrella más c cana al Sol, Alpha Centau distante 41 billones de ki metros de nosotros. U tiempo todavía aceptabl útil para la Humanidad, r pecto a los 82.000 años viaje que, permitiéndolo carburante, tardarían actuales sondas interplan tarias tipo Voyager y Pione con una velocidad media 57.000 km/h. o 500 millon de kilómetros al año.

¿Cómo funcionaría esta fu rista lanzadera? La hipóte de Rubbia concibe un ve culo ligero y de estructu simple, con un motor de vado del acelerador de p ticulas. El corazón del siste es una *habitación* cuyas par des irradian neutrones q chocan con una delgada p cula de americio. Los núcle atómicos del americio, al s

continúa en pág. 64



CÓMO FUNCIONA. Las paredes del corazón del motor de Rubbia irradian neutrones que chocan con una sustancia particular: el americio. Los núcleos atómicos del americio se rompen emitiendo fragmentos de fisión. Éstos atraviesan un flujo de hidrógeno que se calienta, escapando a altísima velocidad y generando el impulso.

Para comprender mejor

Pequeño glosario de la física de partículas

Fisión: el proceso, espontáneo o provocado, por el cual un núcleo de un elemento pesado, como el uranio, se divide en fragmentos más ligeros, liberando energía.

Fusión: proceso por el cual dos núcleos de elementos ligeros, como por ejemplo el hidrógeno o el helio, se funden para formar un núcleo más pesado, liberando energía.

Isótopo: núcleo de un elemento químico con igual número de protones y las mismas propiedades químicas, pero un número distinto de neutrones.

Neutrones: partículas que tienen una masa aproximadamente igual a la de los protones, y con carga eléctrica nula. Junto con el protón es el otro integrante fundamental del núcleo atómico. Los neutrones son unos eficaces proyectiles para el bombardeo del átomo porque, carentes de carga eléctrica, el núcleo no los repele; además, sobre algunos núcleos, por ejemplo el uranio 235 o el plutonio, provocan el fenómeno de la fisión nuclear. Como en este proceso se producen más neutrones, se pueden dar reacciones en cadena controladas (reactores nucleares) o incontroladas (bomba atómica).

Plasma: gas altamente ionizado, es decir, constituido por partículas con carga, ya sea positiva o negativa, pero globalmente neutro. En la naturaleza se encuentra en los espacios interestelares, en las nebulosas y en las superficies estelares. Se produce también en laboratorio, a partir de un gas neutro a baja presión progresivamente calentado hasta los 100.000 grados. Ya que ningún envoltorio físico resiste esta temperatura, el plasma se contiene en espacios relativamente reducidos, mediante campos magnéticos muy intensos. Sus aplicaciones podrían ir desde la producción de energía mediante la fusión nuclear controlada, hasta la propulsión espacial.

Trasmutación: transformación de un elemento químico en otro, ya sea espontáneamente o por bombardeo con partículas de elevada energía.

bombardeados por los neutrones, emiten fragmentos de fisión de manera constante, permitiendo una producción continuada de energía, con gran eficiencia y sin dispersión.

Rubbia también tiene previsto un sistema alternativo: utilizar los fragmentos de fisión para producir plasma, un gas a altísima temperatura que sería *disparado* fuera del cohete, dándole de este modo el impulso necesario para moverse. Según el científico, un sistema similar tiene menos problemas tecnológicos, ya que está basado en los reactores experimentales que se están utilizando para el estudio de la fusión nuclear bajo aislamiento magnético, ya en funcionamiento en muchos países del mundo.

¿Cuáles son los riesgos de la propulsión nuclear para la tripulación y para la atmósfera en la fase de despegue y aterrizaje? Según el premio Nobel, no serían mayores a los de las actuales misiones espaciales. «La tripulación estaría protegida contra las radiaciones por pantallas de un compuesto de boro y carbono. Además, la radiactividad inducida por neutrones sería siempre inferior a la que producen las partículas d viento solar en el espaci interplanetario».

En el catastrófico escenari de un accidente en fase d reentrada en la atmósfera con la destrucción total d motor nuclear, la emisió radiactiva equivaldría a 2 millonésimas de la producid durante las últimas prueba nucleares.

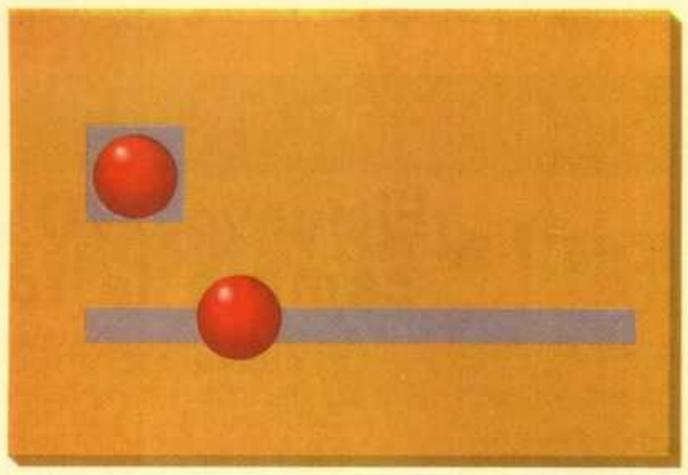
«La investigación fundamen tal es divertida, pero la cien cia tiene la misión de des rrollar para mejorar la calida de vida, sobre todo si se ut liza el dinero público», advier Rubbia. «Corresponde a l políticos la puesta en march de las distintas propuest científicas», finaliza el cient fico. ¿Tal vez lo harían si s dejaran seducir por la fasc nante posibilidad de pasa unas vacaciones en Marte a partir del año 2018?

EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN PURA. «La finalidad de la ciencia es mejorar la calidad de vida pero, al final, la iniciativa les corresponde a los políticos», dice Carlo Rubbia.

Soluciones a los Juegos del número anterior

Agujero grande, agujero pequeño

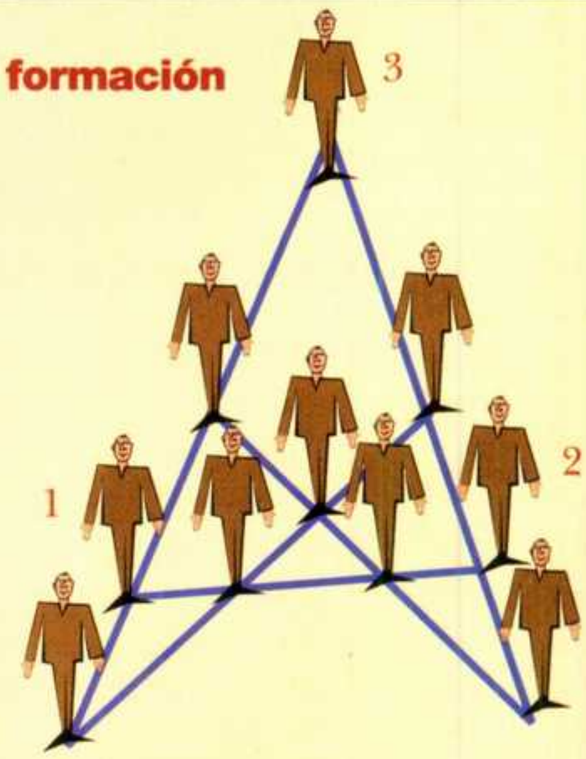
Claro que es posible. Hay que tener en cuenta que no depende sólo del tamaño de los agujeros, sino también de la forma, como indica el ejemplo.



Dinero a montones

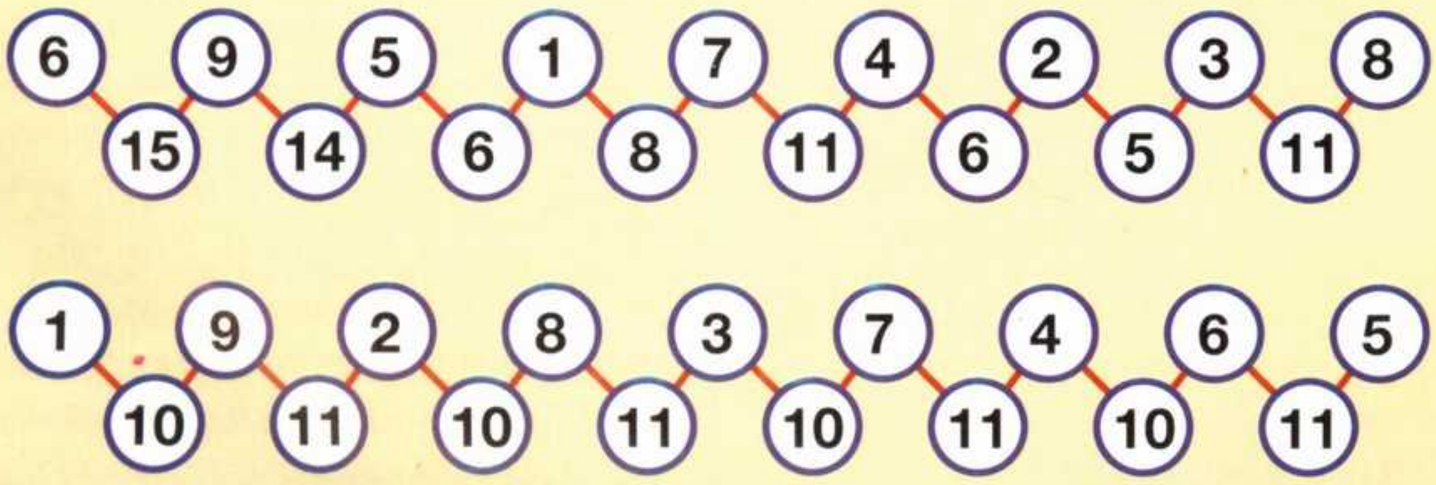
Lucas sólo podrá hacer 11 montones consecutivos (hasta 75, que ya no podrá formarse con cuatro monedas de las disponibles).

En formación



En la cola del cine

En la cola del cine había diez personas (incluido Alberto).



Jaque mate de locura

La única solución sería que Nacho hubiese bloqueado a su rey con su propio alfil, tal como indica el dibujo.

Nacho/ negras
Nuria/ blancas

A NUESTRO ALREDEDOR se producen toda una serie de fenómenos físicos y químicos. *Newton* quiere explicar, con ayuda de la ciencia, los porqués de la vida cotidiana, proponiendo, además, experimentos sencillos.

Concierto para una sola voz

El instrumento musical más complejo y sugerente que tiene a su disposición el hombre es la voz: vehículo de información, elemento identificativo y fuente de expresión artística. Pero, ¿conoce su funcionamiento físico?

POR ANDREA FROVA

Nuestro aparato vocal reúne las características de algunos instrumentos musicales: desde el violín, pues la fuente de su sonido son unas cuerdas que vibran (las cuerdas vocales), hasta los instrumentos de viento y los tubos del órgano, ya que cuenta con una cavidad resonante: la bucal. Este rasgo es determinante, no sólo para la caracterización de las distintas voces (masculina, femenina, infantil, nasal, de falsete, etc.), sino también para plasmar el sonido de las distintas vocales.

Del soprano al lama

Pero, por su versatilidad, las distintas partes de nuestro aparato vocal pueden sufrir grandes modificaciones, algo que, por supuesto, no se produce en un instrumento musical. Gracias a la musculatura del tracto vocal, es posible, en primer lugar, variar la tensión de las cuerdas y pasar de la emisión de bajos a agudos recorriendo un amplísimo intervalo de tonos. Por ejemplo, la voz de un barítono tiene una gama media que varía de los 100 Hz, es decir, 100 oscilaciones por segundo, a los 400 Hz. La voz humana cubre desde la nota más alta de un soprano agudo (unos 1.200 Hz) a la nota más grave de un bajo profundo (unos 75 Hz, o incluso de 50 a 60 Hz en el caso del canto de los lamas, que aflojan desmesuradamente los músculos de las cuerdas vocales).

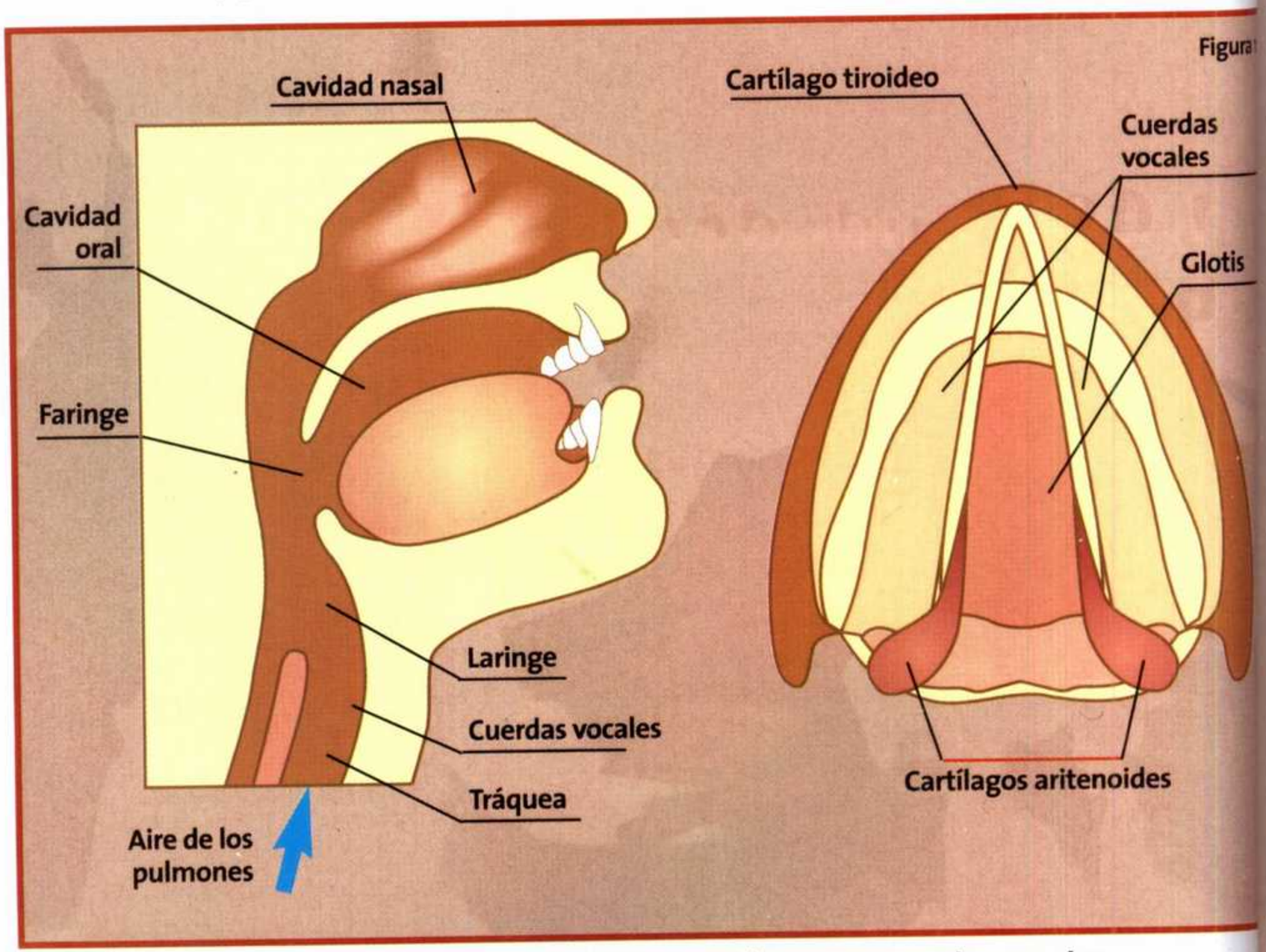
Así nace el sonido

El sonido nace de la presión que se ejerce en los pulmones, donde se crea una corriente de aire que va hasta la boca. Una vez alcanzada la glotis, el aire pasa a través de dos pliegues del tejido, las cuerdas vocales, que empiezan a oscilar debido al efecto Bernoulli (el mismo que hace ondear una bandera). El flujo gaseoso continuo se transforma en un flujo modulado y de presión oscilante o, lo que es lo mismo, en el sonido. Los pliegues vocales emiten un sonido complejo, formado por los armónicos fundamentales (más graves cuanto más largas son las cuerdas) y por los armónicos superiores, cuya frecuencia es múltiplo de la fundamental - doble, triple, etc. -. Al hablar normalmente, la frecuencia del armónico fundamental está por debajo de los 200 Hz para la voz masculina y por encima para las voces femeninas con cuerdas vocales cortas. Para agudizar el sonido emitido, es necesario aumentar la tensión de las cuerdas mediante la musculatura circundante.

Pasemos ahora a las funciones del tracto vocal. Si los pliegues vocales actuasen en un espacio abierto, como ocurriría con las cuerdas de un instrumento sin caja acústica, el sonido sería muy débil, áspero y sin esa variedad que permite distinguir entre los distintos timbres de voz y tipos de sonido. En cambio, al atravesar la cadena formada por laringe, faringe y boca, el sonido se va transformando, y que los armónicos de frecuencia próxima a los modos normales de oscilación de la columna de aire contenida en estos órganos se ven reforzados, mientras que los demás se atenúan.

Por tanto, el tracto vocal desempeña la función de caja de resonancia, capaz de seleccionar de forma más eficaz las frecuencias que hay que transmitir al ambiente exterior. Si el tracto vocal fuera un cilindro de sección constante, sus modos de resonancia serían los mismos que los del tubo de un órgano tapado en uno de sus extremos (*figura 2*). Para una longitud de 17 cm, valor medio masculino, el modo fundamental se halla en los 500 Hz y los dos sucesivos en 1.500

continúa en pág. 68

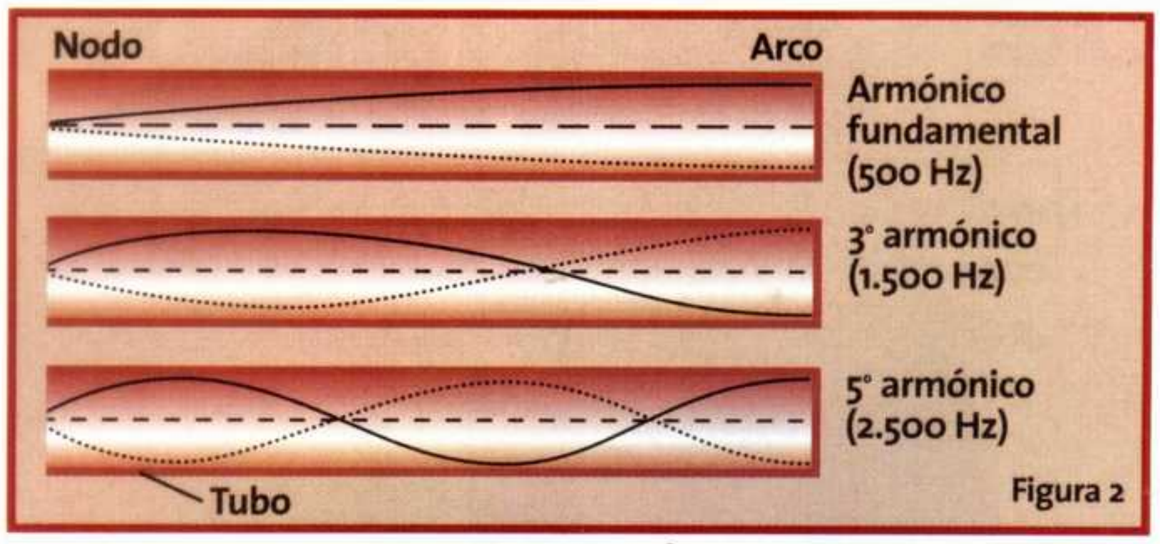


El aparato vocal y el esquema de los pliegues que actúan como cuerdas vocales.

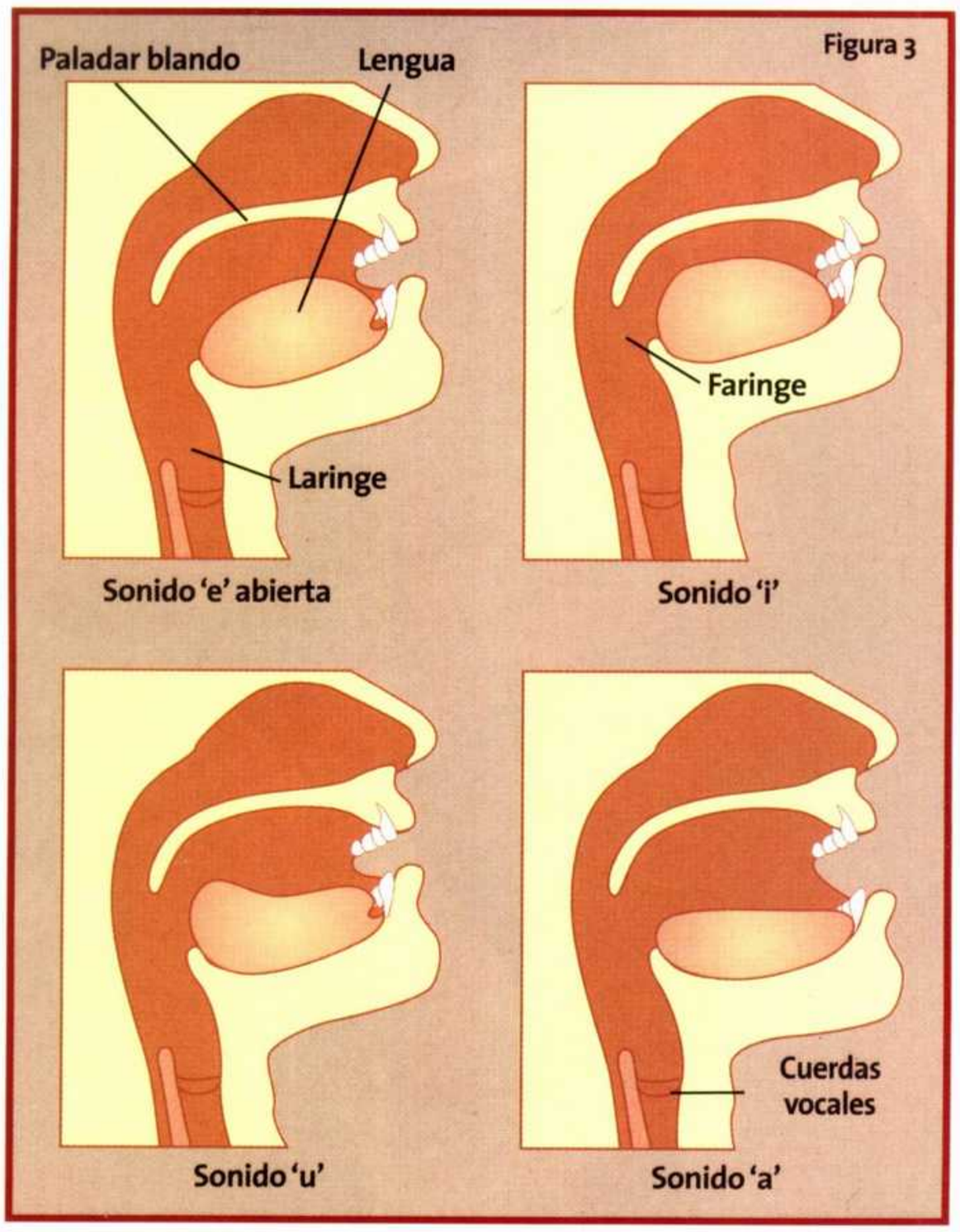
Swiss made - http://www.swatch.com
SWA
C/P

APRENDER EL PROCESO físico que genera la emisi del sonido puede ayudarnos a dominar vocabl extranjeros que nos resultan complejos y a me rar la pronunciación de palabras en castellan

2.500 Hz. En el caso del tracto vocal femenino, son un poco más elevados. Ésta es la diferencia que determina el timbre más profundo de la voz masculina y, en el otro extremo, el más agudo de los niños.
El modelo que hemos escogido no ofrece más posibilidades pero, en realidad, el tracto vocal no es en absoluto un cilindro rígido de sección constante: los músculos que lo controlan le permiten adoptar múltiples posiciones y, lo más importante, variar la sección de punta a punta. El resultado es que las frecuencias de resonancia de la cavidad vocal varían de forma apreciable, produciendo una amplia gama de sonidos. Dado el papel básico de las frecuencias de los modos resonantes de la cavidad vocal en el timbre vocal y en el tipo de sonido emitido, estas frecuencias se denominan formantes.



PRIMEROS TRES MODOS DE OSCILACIÓN EN COLUMNA DE GAS. La condición que determina los modos es que la onda de presión tenga un arco en el extremo cerrado y un nodo en el abierto.



Configuración del tracto vocal en la pronunciación de las vocales.

Las distintas vocales

Veamos algunos ejemplos, teniendo presente la figura 3. Si la posición del tracto vocal no se aleja mucho de la del cilindro antes mencionado (obviando la curvatura), los tres modos producidos coinciden con los ya calculados. El sonido que se produce en este caso es el de una 'e' abierta, como en la palabra elefante. Si, en cambio, se lleva la lengua hacia el paladar, de forma que se reduzca la región bucal, el sonido es el de la 'i'. La 'u' se obtiene limitando el estrechamiento al fondo de la boca, mientras que la 'a' se produce ampliando mucho la boca y estrechando el tracto faringeo.
Naturalmente, cada configuración del tracto vocal origina una terna de formantes distinta: en el hombre, la posición de la 'a' produce, indicativamente, formantes a 800, 1.100 y 2.400 Hz, la 'u' a 300, 800 y 2.200 Hz.
A pesar de ser indeformable, la cavidad nasal también desempeña un papel importante según la mayor o menor cantidad de flujo gaseoso que la atraviesa. Basta con bajar el paladar blando para ampliar el acceso a la cavidad nasal y proporcionar al sonido esa característica particular que, precisamente, llamamos nasal.
Una vez adquirida la capacidad para producir determinadas vocales, puede resultar difícil introducir las variantes necesarias para pronunciar sonidos extraños a nuestra lengua materna: muchos españoles no son capaces de pronunciar la 'ü' de la palabra mana würstchen y la sus yen por una 'iu'. Por lo g ral, los españoles tie dificultades para reprod algunas vocales inglesas, c la 'a' de bad (malo), que i tifican con la 'e' de bed (ca o la 'i' corta del bit infor tico, que confunden con larga de la palabra beat, no hablar de la pronuncia de las nasales francesas que, a veces, se llega a al zar el ridículo.

Controlar las forman

Los cantantes profesion saben controlar a volunta mecanismo de las forma para plasmar su propio bre. Las voces masculinas, tienen formantes bajas, t den a quedar sepultadas el sonido de una gran orqu que en la zona de frecuen entre los 100 y los 2.000 H mucho más potente que el tante.
El ensanchamiento de la far combinado con el descens la laringe, altera la cavidad y produce una formante alta, situada hacia los 2.40 y mucho más intensa qu formantes naturales del h en ese intervalo de frecuen Dichas formantes confier la voz un color y un vigor m res y le permiten superar orquesta.
A falta de esos recursos cantantes de música liger refugian en los micrófo Si los lectores probasen a lizar algún experimento su propia voz podrían di tirse, por ejemplo, mo ando la cavidad vocal p experimentar la transic gradual de una vocal a o o de las vocales español las inglesas o a las nas francesas. Aprender algu rudimentos de los aspecto cos de la emisión de los son podría ayudarles a mejorar su pronunciación.

TODO HOMBRE SIENTE EN ALGÚN momento de su vida la necesidad de conocerse mejor y comprender en profundidad los motivos de sus comportamientos cotidianos. En este número de *Newton* encontrará una nueva sección que le ofrece tests diseñados para dar respuesta a esos aspectos de la personalidad. Fiel al

¿Sabe tomar decisiones?

Parece que la lógica guía las decisiones más importantes de las personas, pero muchas veces no es así. A menudo, el comportamiento está dominado por elementos aparentemente secundarios e insignificantes, pero capaces de crear auténticas trampas psicológicas. Estos mecanismos mentales se activan por la forma en que el individuo se plantea los problemas, pero también por la percepción que tiene del riesgo. De las investigaciones en este campo ha nacido la denominada *Psicología de la incertidumbre*, una disciplina que explica los aspectos más extraños y desconocidos de los procesos de toma de decisiones. El mecanismo de estos tests es el siguiente: lea las preguntas, contéstelas y compruébelas en la página de la derecha. Seguro que se encontrará con sorpresas.

Acosado por sus enemigos, un general se encuentra ante un dilema. Sus informadores aseguran que, si no huye cuanto antes, caerá en una emboscada en la que morirán 1.200 soldados.
Para ponerlos a salvo, el general tiene que elegir entre dos caminos. Si toma el primero, 400 soldados se salvarán con toda seguridad. En el segundo, hay un tercio de posibilidades de que todos se salven y dos tercios de que no sobreviva ninguno. ¿Qué camino debe elegir?
Ahora considere atentamente otra situación. El general debe elegir entre dos itinerarios en su fuga, pero esta vez sus consejeros le dicen que, si coge el primer camino, morirán 800 soldados. Si toma el segundo, hay un tercio de posibilidades de que no muera ninguno, y dos tercios de posibilidades de que fallezcan los 1.200 soldados. ¿Qué camino debería tomar?

María tiene 35 años, es muy inteligente y tiene una personalidad sincera y directa. Está licenciada en Filosofía. De estudiante, colaboraba con asociaciones de voluntarios para luchar contra la marginación y el racismo, y participó en manifestaciones contra la energía nuclear.
¿Cuál es la afirmación más probable respecto a su vida?:
A) Trabaja como empleada de banca.
B) Ha conseguido trabajo en la banca y se ha convertido en una activista de un movimiento en pro de los derechos humanos.

Imagine que se encuentra ante estas dos situaciones. Examine ambas y escoja, en cada caso, la opción que prefiera.
Elija entre:
A) Una ganancia segura de 3 millones de pesetas. B) Una probabilidad del 80% de ganar 4 millones, pero con una probabilidad adversa del 20% de no ganar nada.

Elija entre:
A) Una pérdida segura de 3 millones. B) Una probabilidad del 80% de perder 4 millones, con un 20% de posibilidades de no perder absolutamente nada.

Quiere ir al ballet y ha comprado una entrada que le cuesta 4.000 pesetas. Cuando llega, se da cuenta de que la ha perdido. ¿Gastaría otras 4.000 pesetas en comprar una nueva?
Ahora, imagine la siguiente situación.
Ha reservado, sin pagar, una entrada para asistir al ballet. El precio es de 4.000 pesetas. Cuando va a entrar y busca el dinero para abonar el importe, se acuerda de que ha perdido 4.000 pesetas, pero aún así lleva una cantidad suficiente para comprarla. ¿Adquiriría la entrada de todas formas?

rigor científico, *Newton* no le propone descubrir si es usted romántico o pasional, sincero o mentiroso, si cree en el amor eterno o si ha vivido otras vidas anteriores a ésta. Los tests que encontrará en estas páginas han sido elaborados por célebres investigadores en el ámbito de la psicología del comportamiento y cognoscitiva. Le permitirán analizar los procesos mentales que guían sus acciones y valoraciones, y quizá descubra algún aspecto desconocido de su personalidad.

Póngase a prueba

Verificación. En el primer caso, la mayor parte de los encuestados responde que el general debe elegir el primer camino, pensado que es mejor salvar 400 vidas que correr el riesgo, ya que tiene grandes probabilidades de sufrir pérdidas todavía mayores. En cambio, ante el segundo problema, la mayoría elige la segunda opción. El primer itinerario, al fin y al cabo, condena a una muerte segura a 800 hombres, mientras que en el segundo hay un tercio de posibilidades de que no muera nadie. Y si las cosas se pusieran feas, las pérdidas serían sólo del 50%.
Es sorprendente que, ante estos dos planteamientos, una misma persona llegue a conclusiones opuestas, dado que las situaciones descritas son idénticas. La única –y crucial– diferencia estriba en el hecho de que el primer problema habla en términos de vidas salvadas y el segundo se centra en las muertes. Esto significa que, incluso cuando un individuo intenta hacer un cálculo frío y lógico, da respuestas diametralmente opuestas al mismo problema. Esto sucede simplemente porque el dilema se presenta de formas diferentes. En definitiva, las palabras nunca son neutras.

Verificación. La mayor parte de las personas elige la respuesta B, porque piensa que los valores de los derechos humanos son más representativos del carácter de María que el simple trabajo en un banco.
Sin embargo, según la teoría de la probabilidad, las posibilidades de que dos acontecimientos inciertos tengan lugar al mismo tiempo es siempre inferior a la de que ocurra uno sólo. En definitiva, es probable (aunque no seguro) que María luche por los derechos humanos y es improbable que sea una empleada de la banca. Pero todavía es menos probable que cumpla los dos enunciados a la vez, es decir, que trabaje en un banco y esté implicada en un movimiento de defensa de los derechos humanos.

Verificación. En el primer caso, la mayor parte de las personas prefiere evitar el riesgo.
Casi todos optan por una ganancia segura, ya que un beneficio ligeramente más alto no está garantizado.
En la segunda situación, las preferencias suelen invertirse. Más del 90% de las personas decide arriesgarse y se decanta por una pérdida mayor, basándose en la posibilidad de no perder nada.
En definitiva, se tiende a evitar el riesgo en presencia de una ganancia segura, mientras que, ante una pérdida segura, se acepta el riesgo.
Éste es un comportamiento que se repite con regularidad siempre que una persona tiene que tomar una decisión, y que deberían tener en cuenta los consultores financieros y los operadores de la Bolsa.

Verificación. La mayoría responde que compraría una entrada después de haber perdido 4.000 pesetas, pero no después de haber perdido una entrada. Sin embargo, la cifra es la misma en ambos casos. Lo que cambia es el peso psicológico. En la primera situación, ya se han pagado las 4.000 pesetas. Si se compra una segunda entrada, el *presupuesto psicológico* del ballet alcanza las 8.000 pesetas, quizá más de lo que muchos están dispuestos a pagar por ver una representación. En el segundo caso se trata de cargar mentalmente el dinero perdido en otro presupuesto, por ejemplo en el de la comida, pensando en comprar menos la próxima vez que se vaya al mercado. Esto demuestra que, aunque los problemas sean formalmente equivalentes, su diferente contexto puede provocar reacciones opuestas.

Sensaos, el rostro del pasado

Se llamaba Sensaos, era hija de un alto oficial egipcio y falleció en el año 109 d.C. A partir de sus restos embalsamados, conservados en el Museo Van Oudheden (Holanda), se inició una extraordinaria aventura histórico-científica que, tras un año de trabajo, ha permitido reconstruir su joven y bello rostro. Sensaos ha vuelto a la vida 2.000 años después

POR GIUSEPPE BRILLANTE

Una momia que regresa de un pasado lejano. Se trata del resultado alcanzado, en parte, por los conservadores del Museo Van Oudheden de Leiden (Holanda). Este viaje en el tiempo se inició el año pasado y ha dado como resultado la reconstrucción, en tres dimensiones, del rostro de una mujer que vivió hace casi 2.000 años. «Cuando me pidieron que seleccionara una momia para este fascinante proyecto, en seguida pensé en Sensaos», comenta Maarten J. Raven, responsable del Departamento del Antiguo Egipto del museo. «Siempre ha representado algo especial. Ya sabíamos de ella algunas cosas importantes y los datos que arrojaron los exámenes practicados nos permitieron conocerla mejor».

Era la Nochevieja de 1829 cuando la colección de antigüedades del marchante de arte griego Giovanni D'Anastasy pasó a ser propiedad del museo de Leiden. Entre las piezas que incluía se encontraban una gran cantidad de papiros, sarcófagos y momias. Y entre estas últimas había una envuelta en un hermoso sudario pintado, que retrataba a una joven con las

continúa en pág. 74

RECONSTRUIR LA HISTORIA
En la foto grande, la momia de Sensaos a punto de entrar en el Tomoscan AV Expander, un complejo aparato parecido a una TAC (Tomografía Axial Computerizada), que transmite datos sobre las facciones de la joven a un ordenador. Arriba, aparece el rostro de la joven egipcia tras la reconstrucción. En la foto inferior izquierda, el sudario pintado en el que estaba envuelta Sensaos y que la representa con las facciones de Nut, la diosa del cielo.

ecial.
unas
latos
enes
eron

1829
anti-
e arte
stasy
useo
s que
gran
cófa-
s últi-
n un
que
n las

74 →

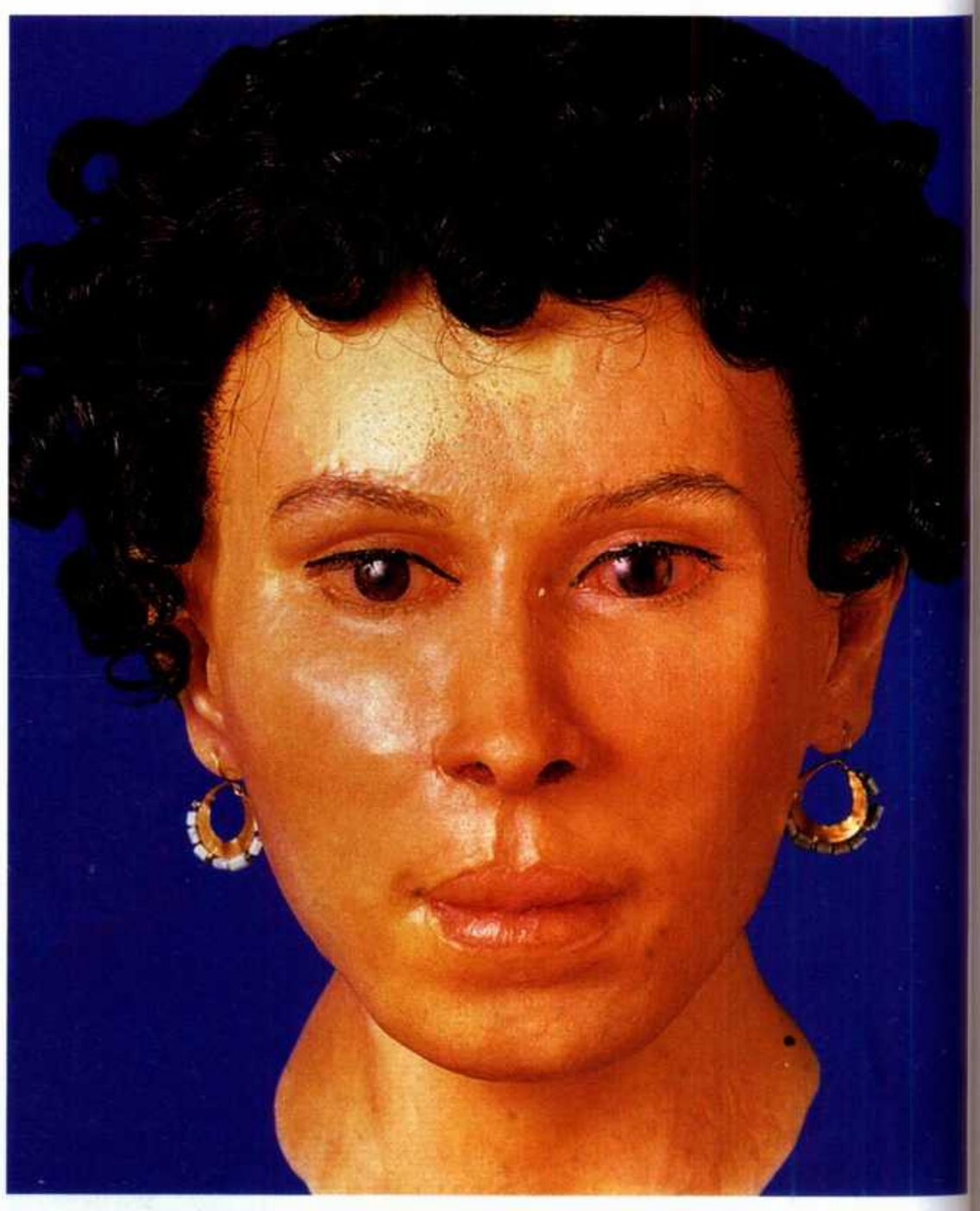
MOMIAS BAJO OBSERVACIÓN. Arriba, la momia de Sensaos, conservada desde 1829 en el Museo de Leiden, en Holanda. En 1965 fue sometida al primer examen por rayos X (foto pequeña). Los análisis más profundos se iniciaron en 1997, gracias a un programa de televisión. Fue así como se realizaron las tomografías que han permitido reconstruir su rostro, que aparece en la foto inferior.

vestiduras de Nut, la diosa del cielo. En el dibujo, su cabellera negra era abundante y suelta, su vestido tenía mangas bordadas y sus muñecas estaban adornadas con pulseras en forma de serpiente. Sobre el sarcófago de madera, magníficamente ilustrado con simbología religiosa egipcia y con representaciones de los dioses, había además una larga columna de jeroglíficos junto a un texto griego, posiblemente una traducción.

Sólo siete años antes, en 1822, Jean François Champollion había logrado descifrar la escritura jeroglífica gracias a las estelas trilingües que halló un soldado napoleónico en Rosetta, sobre el Nilo. Aquel texto sirvió para verificar las intuiciones del genial estudioso francés, pero, sobre todo, permitió conocer el significado de aquellas escasas líneas que contenían informaciones valiosísimas sobre la persona a quien pertenecían los restos mortales y sobre el periodo de su muerte. El escrito decía así: «Sensaos, hija de Soter Cornelius, cuya madre fue Cleopatra (también conocida como Candace, hija de Ammonius), murió virgen a la edad de 16 años, dos meses y nueve días, en el duodécimo año del reinado de Trajano en el vigésimo primer día del mes de la Epifanía». Es decir, la joven había fallecido en el 109 después de Cristo.

Aunque habían transcurrido muchos siglos desde la época dorada de los faraones y la sociedad egipcia estaba bajo el influjo de la cultura grecorromana, muchos de sus ritos y tradiciones permanecían intactos. Entre ellos, el culto a los muertos, que alcanzaba su momento cumbre en el embalsamamiento del cadáver. Pero esta práctica estaba empezando a perder su sentido de conservación del cuerpo,

continúa en pág. 76 →



del que después se serviría el alma tras su regreso del más allá, en beneficio del aspecto estético, ligado a una demostración de fuerza y poder.

Un sarcófago oculto

En 1965, Sensaos fue sometida, al igual que el resto de momias de Leiden, a un examen por rayos X. Su esqueleto confirmó que el cuerpo pertenecía a una adolescente y no revelaba indicios de haber padecido ninguna enfermedad. En todas las radiografías aparecía, sin embargo, un misterioso velo blanco. Algunos investigadores sostuvieron que, puesto que la momia tenía un aspecto más bien abultado y un peso superior a los 75 kilos, podría esconder un sarcófago en yeso pintado bajo una primera capa de vendas. Esta hipótesis no pudo comprobarse hasta que, en 1997, se dio luz verde a un minucioso proyecto analítico, gracias a la cadena de televisión Netherlands Programme Services, que quería realizar un espacio para niños centrado en el estudio de las momias.

El hallazgo de la piedra Rosetta permitió descifrar la fecha de su muerte

«Nos pusimos en contacto con el Philips Medical System de Best (Holanda), que aceptó patrocinar un estudio pormenorizado de Sensaos», explica Maarten Raven. «El resultado fue un complejo examen tomográfico, por medio de un sistema avanzado, el Tomoscan AV Expander. Con este aparato realizamos 558 secciones transversales del cuerpo de un espesor de tres milímetros, y 190 de la cabeza de un espesor de sólo un milímetro. Después procesamos las informaciones obtenidas en el ordenador para componer una imagen en tres dimensiones».

Los datos del examen proporcionaron un cuadro nuevo de la momia. Sensaos, en su *crisálida* de vendas, tiene el cabello largo y suelto, una estatura en torno a un metro y 45 centímetros, y sus ojos son artificiales, hechos de vidrio o cerámica. Curiosamente, su cabeza está doblada hacia delante, con el mentón apoyado sobre el

continúa en pág. 78 →

ANÁLISIS, ESCULTURA Y RETOQUES. El escáner tomográfico (foto superior izquierda) envía las informaciones recabadas al ordenador que reconstruye el cráneo (foto inferior). Después, una experta retoca el modelo de cráneo antes de dejarlo en manos de un especialista que lo convierte en un rostro humano completo.

TeleLine es un servicio prestado por Telefónica SCR.

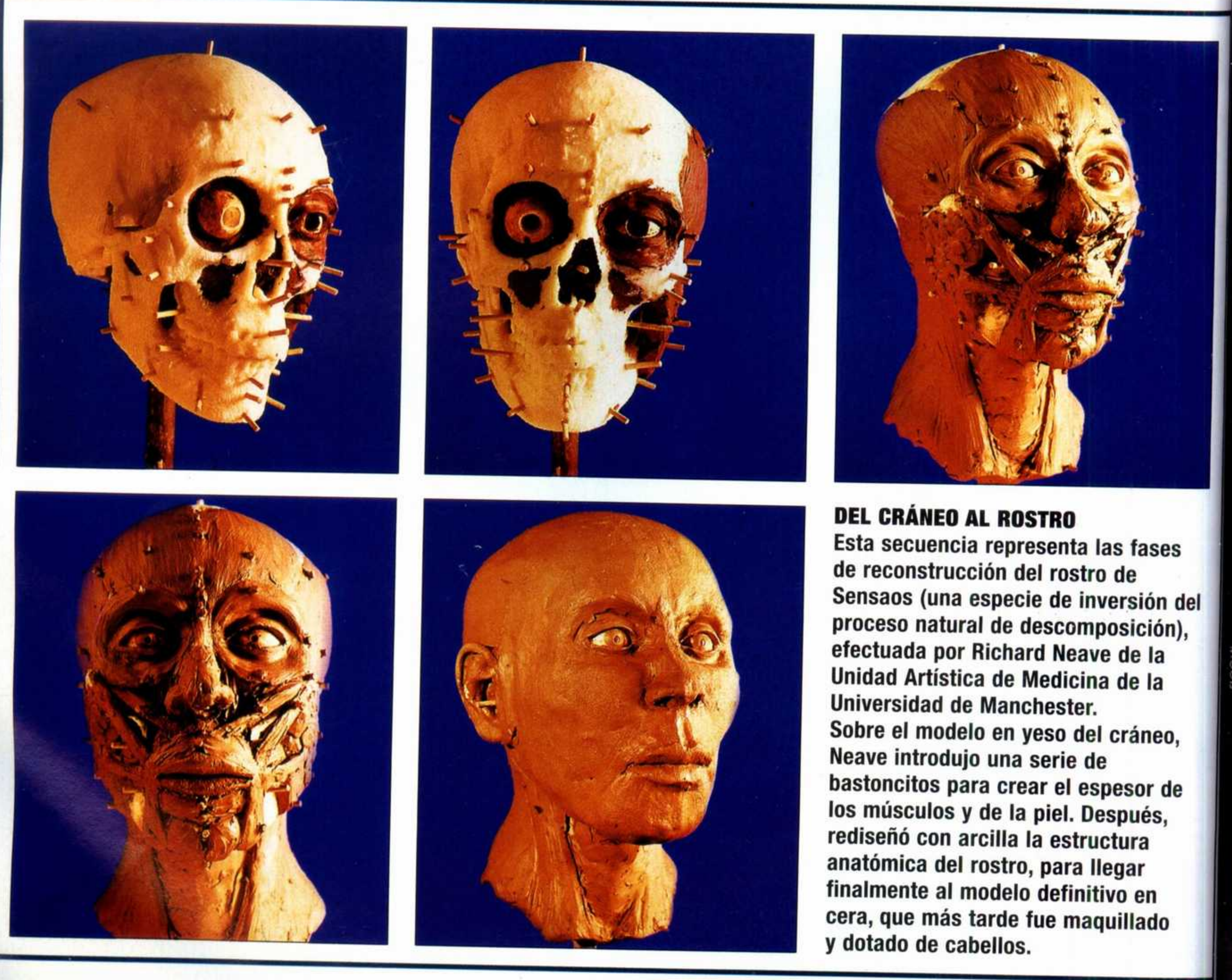
pecho. Probablemente se trate de una posición ritual que, sin embargo, ha causado una fractura entre la primera y la segunda vértebra cervical. El cerebro está fuera del cráneo y había sido extraído por la nariz. El tórax y el abdomen también fueron vaciados, aunque los investigadores no han logrado identificar el corte que normalmente se hace sobre el lado izquierdo para este fin. Ahora estaban llenos de vendas que seguramente contenían las vísceras sometidas a un tratamiento de conservación con resina, pero que debieron de salirse, solidificándose entre la cabeza y el cuello y provocando aquel efecto velado que, en los exámenes de rayos X, tenía apariencia de otro sarcófago.

Sin duda el resultado más sorprendente ha sido el de la pelvis. Sus huesos están separados y el vientre, hueco, lo que ha llevado a pensar que en el momento de la momificación Sensaos podía encontrarse ya en avanzado estado de descomposición. Un hecho espeluznante que, sin embargo, no ha sorprendido a los arqueólogos. Ya Herodoto, hacia el 450 antes de Cristo, había descrito cómo las familias de alta alcurnia o los maridos de mujeres particularmente hermosas esperaban algunos días antes de confiar sus difuntos a los embalsamadores, para evitar que éstos violaran sus cuerpos. Y Sensaos era hija de un alto oficial en el gobierno provincial del Alto Egipto.

En su reconstrucción se han utilizado técnicas artesanales y policiales

«A pesar de los buenos resultados de las investigaciones, no nos quedamos con los brazos cruzados», prosigue Raven. «Queríamos darle un rostro, pero para ello necesitábamos antes un modelo preciso del cráneo». Por este motivo se contactó con el TNO de Delft, el Instituto holandés de investigación científica aplicada. El encargo consistía en crear un objeto material a partir de la imagen tridimensional que se había reconstruido con la ayuda del ordenador, después del examen con el TAC. Mediante un *software* especial y un procedimiento conocido como Multi-Jet-Modelling (Modelación por chorro múltiple), los expertos

continúa en pág. 80



DEL CRÁNEO AL ROSTRO
Esta secuencia representa las fases de reconstrucción del rostro de Sensaos (una especie de inversión del proceso natural de descomposición), efectuada por Richard Neave de la Unidad Artística de Medicina de la Universidad de Manchester.
Sobre el modelo en yeso del cráneo, Neave introdujo una serie de bastoncitos para crear el espesor de los músculos y de la piel. Después, rediseñó con arcilla la estructura anatómica del rostro, para llegar finalmente al modelo definitivo en cera, que más tarde fue maquillado y dotado de cabellos.

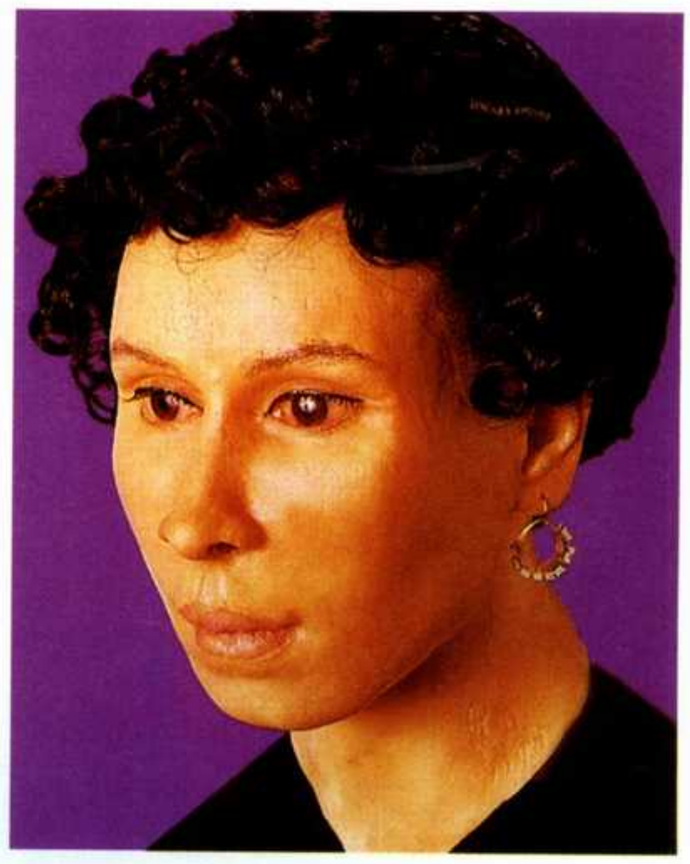
Fotografía: Ignacio del Río

SLOGAN

del TNO se pusieron manos a la obra. De forma semejante a una impresora, el dispositivo de *spray* de la máquina, controlado por ordenador, se desplaza por la mesa de modelado mientras los chorros van depositando estratos de un material parecido a la cera. En poco más de 36 horas, dieron vida a una copia exacta del cráneo de Sensaos. Pero de un cráneo a un rostro completo hay un paso de gigante, sobre todo si se trata de recrearlo únicamente a partir de elementos óseos. Un trabajo de auténticos artesanos que se confió a Richard Neave, de la Unidad Artística de Medicina de la Universidad de Manchester, que no es precisamente un novato en estas artes: en su currículum figura la reconstrucción de casi 25 rostros de personajes históricos, incluido el de Filipo II de Macedonia, padre de Alejandro Magno, y el del hombre que se creía era el mítico Rey Midas, capaz de transformar todo lo que tocaba en oro.

Basándose en la edad, el sexo y la medida de los músculos faciales, Neave logró determinar las proporciones de la cara, la mandíbula, la nariz, la boca y las orejas de Sensaos. También calculó la distancia entre los dos ojos y entre ellos y el resto de componentes del rostro. «Mis reconstrucciones se asemejan a la realidad, pero es imposible crear modelos perfectamente idénticos a la persona desaparecida», explica el científico.

«Desconocemos algunos detalles importantes, como la forma de la nariz, de los labios o de las orejas. En los hombres, por ejemplo, no sabemos si en vida tenían pelo o eran calvos, si llevaban barba o bigote. No podemos olvidar que esta técnica nació para ayudar a la policía a identificar a personas que llevaban mucho tiempo desaparecidas y que se encontraban en condiciones que hacían imposible su reconocimiento. Por tanto su primera función es desatar un recuerdo, una reacción en los familiares y amigos a quienes se les muestra una fotografía de la reconstrucción. Hace unos 10 años, ayudé a reconstruir el rostro de una mujer que llevaba nueve años enterrada en el jardín de una casa de Cardiff. Hallaron su cuerpo por casualidad durante unas obras de reestructuración y todos los indicios apuntaban a que había sido asesinada. Se difundió su rostro por televisión y no sólo se pudo identificar, sino que de ahí partieron las pesquisas para encontrar al culpable, que fue detenido poco tiempo después», asegura.



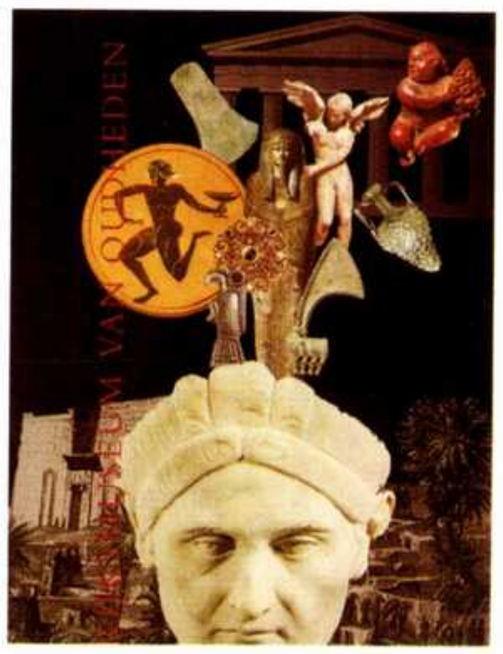
SUS CRIATURAS
Arriba, Richard Neave da los últimos retoques al rostro de Sensaos. Junto a estas líneas, el resultado final: la peluca reproduce un peinado típico de la época en que vivió la joven egipcia. Neave goza de reconocido prestigio en el mundo científico e histórico por haber reconstruido el rostro de personajes célebres como Filipo II de Macedonia y el Rey Midas.

Peinado a la moda

En el caso de Sensaos, todos los detalles poco claros se han deducido de los rasgos corporales típicos del pueblo al que pertenecía. Puesto que descendía de la población de Nubia (la región entre Egipto y Sudán), se le han asignado, por ejemplo, labios carnosos, comunes entre las mujeres de esa región. Sus cabellos, que en los exámenes del escáner aparecían sueltos, se han recogido en un peinado detrás de la cabeza, puesto que ésta era la moda entre las mujeres de alto rango durante el reinado de Trajano. Una vez modelado su rostro y recubierto de greda, los últimos retoques se dejaron en manos de una maquilladora del museo de cera Madame Thussaud's de Londres. «Observando el rostro acabado de Sensaos sentí una gran tristeza, pensando en aquella muchacha que vivió siglos atrás y murió tan joven», concluye Richard Neave, «aunque durante algunos segundos tuve la impresión de traerla de nuevo a la vida. Estoy convencido de que, si pudieran verla sus familiares y amigos, la reconocerían al instante».

Cómo encontrarla

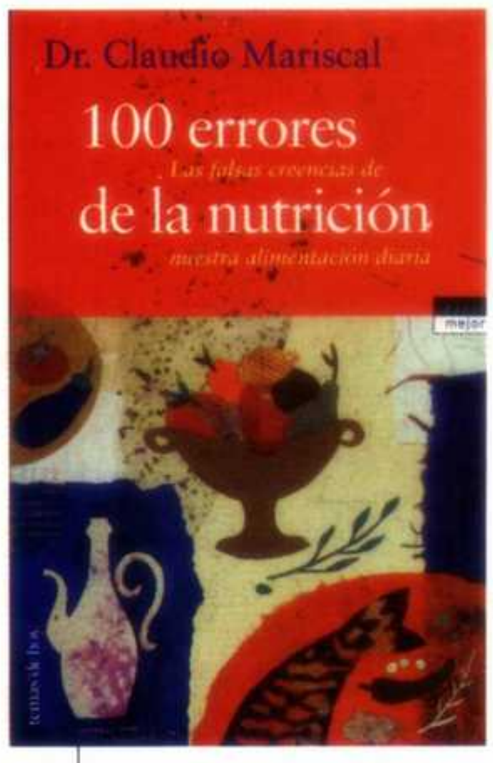
• **La exposición** dedicada a la momia egipcia se ha trasladado del Museo Van Oudheden a Rotterdam, donde el público podrá admirarla del 7 de noviembre al 11 de enero de 1999. Más tarde viajará a otros museos. El Museo Van Oudheden (tel.: 0031-71-5163163, abierto de martes a viernes desde las 10h hasta las 17h; sábados y domingos desde las 12h. hasta las 17h.), resposable de su conservación y *resurrección*, acoge otras exposiciones arqueológicas, entre las que cabe destacar las momias, sepulturas y esculturas de Egipto y la Antigüedad clásica. Fundado en 1818, es uno de los museos más ilustres de Holanda y se encuentra en Leiden, una pequeña ciudad situada entre el Aia y Haarlem, sede también de la universidad más antigua de los Países Bajos.



Nuevos libros

Lo último de ciencia y técnica que llega a las librerías

La ingeniería de la vida. Las promesas y las amenazas que nos trae la biotecnología. Un repaso a los avances de la ingeniería genética aplicada a los seres vivos y sus consecuencias éticas. (Acento Editorial).



Falsas creencias sobre las dietas

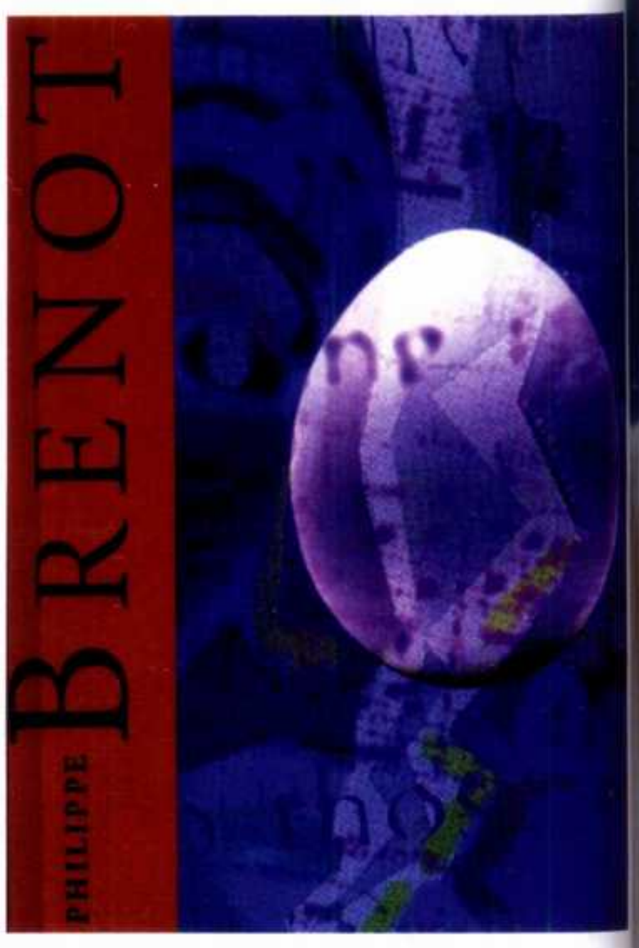
La preocupación por la salud se ha convertido para muchas personas en una verdadera obsesión. Las dietas proliferan como los hongos y muchas veces se cometen errores con la nutrición que acaban en la camilla de un hospital. Para poner un poco de cordura en todo esto, el doctor Claudio Mariscal acaba de publicar un libro en el que pone al descubierto las falsas creencias que imperan en nuestra alimentación diaria. Una obra imprescindible para llevar una dieta correcta.

Claudio Mariscal
100 errores de la nutrición
Temas de Hoy
1.800 pesetas

La locura y la genialidad de los grandes creadores de este siglo

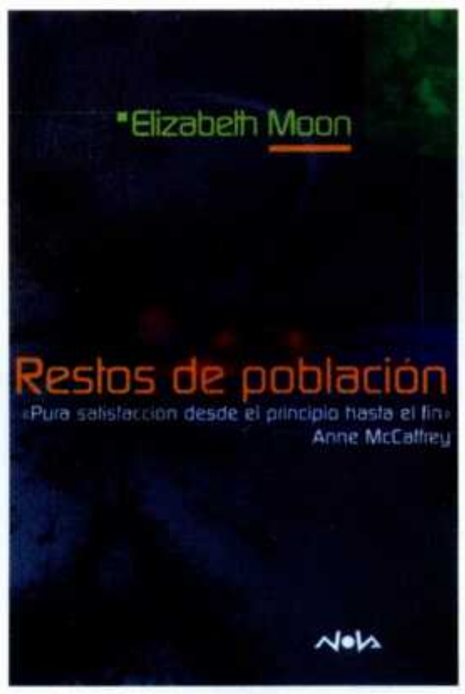
Locura y genialidad siempre han ido de la mano, al menos en las creencias populares. Ejemplos hay para todos los gustos. Van Gogh, Baudelaire, Proust, Schumann, todos ellos grandes creadores, han caminado por la frontera de la locura, a veces incluso voluntariamente en un afán obsesivo por llegar al límite en sus obras. ¿Es, entonces, la locura la madre de la genialidad? ¿La creación ha de surgir de la soledad? ¿La genialidad genera comportamientos excéntricos? El antropólogo y psiquiatra francés Philippe Brenot se ha empeñado en buscar las respuestas relacionando la vida con la obra de los genios. Brenot, del departamento de Ecología Humana de la Universidad de Burdeos, ha escogido para su estudio a escritores, músicos y artistas plásticos y ha llegado a una conclusión: los escritores son los que más peligro corren de padecer enfermedades mentales.

Philippe Brenot
El genio y la locura
Ediciones B
2.900 pesetas



Una historia de alienígenas y seres humanos

Ofelia, madre de familia, está en una situación delicada: no encuentra ninguna razón para abandonar el planeta al que ha llegado a considerar su hogar. Pero ante el incierto futuro que se le avecina, decide esconderse y no entrar en las naves que transportan a los pobladores de una colonia que está a punto de ser clausurada. Ofelia, de 70 años, se convertirá así en la única habitante humana de un planeta abandonado y descubrirá a los misteriosos nativos de ese mundo. Una de las historias más verosímiles de la ciencia ficción.

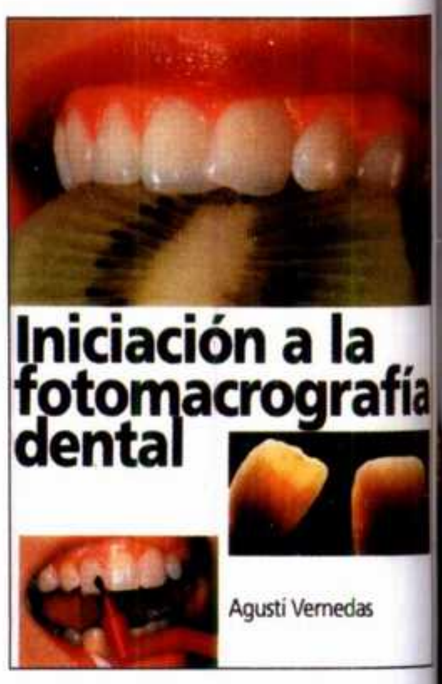


Elizabeth Moon
Restos de población
Ediciones B
2.400 pesetas

Las nuevas y viejas plagas

Se creía que ya no volverían nunca más a amargarnos la vida. Pero desde hace un tiempo muchas enfermedades infecciosas, que estaban desterradas del planeta, han vuelto a reclamar la atención de los expertos. La peste, el cólera o la tuberculosis son algunas de las pesadillas de los epidemiólogos. Otras veces la amenaza se presenta en forma de virus nuevos que se desarrollan en las selvas húmedas. El turismo de masas, el hacinamiento de las ciudades, el cambio climático o la pobreza están detrás de este preocupante rebrote.

Claudia Eberhard-Metzer
Las epidemias
Acento Editorial
545 pesetas



A pedir de boca

Imágenes espectaculares de una de las partes más importantes del organismo humano: los dientes, un mundo desconocido que ahora se nos descubre gracias a la fotografía clínica. Un trabajo sorprendente y riguroso, realizado con las últimas técnicas fotográficas y que, a buen seguro, será de gran utilidad a los estomatólogos.

Agustí Vernedas
Iniciación a la fotomacrografía dental
El Vern Edicions (Barcelona)

La gelatina del mar

Los bañistas las temen por las quemaduras que provocan cuando se tocan. Los biólogos las estudian porque son los organismos más misteriosos del mar. Llegan de pronto a determinadas zonas para desaparecer de forma igualmente repentina. ¿Qué secretos oculta el cuerpo coloreado e 'inconsistente' de estos animales? Los científicos intentan responder a esta pregunta

POR ANNA MARIA COVELLI

Existen desde hace 600 millones de años y sin embargo han dejado poquísimos fósiles que permitan estudiarlas, todo lo más algunas huellas sobre sedimentos de difícil interpretación.

Las medusas pertenecen al grupo de los Celentéreos o Cnidarios (del término griego *cnide*, que significa ortigas, y con el que ya las designó Aristóteles), y como otros organismos de cuerpo blando padecen esta incertidumbre con respecto a su historia: al estar constituidas por entre un 97,5% y un 99% de agua, cuando se deshidratan sólo dejan una tenue huella en forma de disco que difícilmente consigue convertirse en fósil.

A pesar de su inconsistencia, las medusas tienen aparato digestivo, órganos sensoriales, células musculares y neuronas que posibilitan el movimiento de contracción del cuerpo. A diferencia de los pulpos, que constituyen otra forma estructural de los Cnidarios y que son 'sedentarios', las medusas se mueven nadando por sus propios medios o bien dejándose llevar por las corrientes marinas.

Son animales predadores que capturan a sus presas gracias a los *nidocistos* o *nematocistos*, células urticantes que poseen a lo largo de sus tentáculos, en la superficie de la umbela y, a veces, sobre los tentáculos desprendidos.

UN MUNDO MUY FRÁGIL. El mejor modo de estudiar las medusas, en este caso una colonia de *Aurelia aurita*, es observarlas en su medio natural. A menudo la captura les provoca lesiones mortales, ya que su cuerpo está casi en su totalidad compuesto por agua.

Las medusas son muy particulares, de hecho son 'ciclotímicas', es decir, aparecen en un lugar y después lo abandonan para regresar quizá 20 años más tarde. Son organismos difíciles de estudiar con una cierta continuidad, justamente porque tienen estas presencias y desapariciones cíclicas y, en consecuencia, la densidad de su población es muy fluctuante. Ya desde finales del siglo pasado existen datos científicos que confirman su irregularidad. Estos mismos datos nos hablan también de algunas especies de medusas que existían entonces pero que actualmente han desaparecido. No se sabe si este fenómeno se halla unido a la presencia del hombre, a las variaciones meteorológicas, a la contaminación o al conjunto de todos estos factores. Pero en algunos casos estos delicados animales mari-

continúa en pág. 86 →

CÉLULAS VENENOSAS
Las medusas son animales predadores. Para capturar a sus presas usan el veneno contenido en los *nidocistos,* que son unas células urticantes que se hallan, sobre todo, en los tentáculos. En la parte exterior de la célula se encuentra un cilio que funciona como *gatillo* que, al tocarse, pone en funcionamiento un filamento que contiene el veneno. En la foto, un 'pulmón marino' (*Rhizostoma pulmo*), poco tóxico para el hombre.

nos parecen preferir lugares contaminados: por ejemplo si se quieren ver ejemplares de *Carybdea marsupialis* o de *Aurelia aurita*, uno debe dirigirse, por ejemplo, al puerto de Cesenatico en Italia, que está contaminadísimo, donde se las puede encontrar a montones.

Hay pocos investigadores en el mundo que se dediquen exclusivamente al estudio de las medusas, de modo que muchas de sus especies tienen un ciclo biológico desconocido. Además, es muy difícil hacerlas vivir en un acuario de laboratorio, ya que mueren poco tiempo después debido a las abrasiones que se producen al chocar contra la superficie de cristal.

El único 'mar artificial' en que las medusas parecen encontrarse a sus anchas es la enorme piscina cilíndrica, única en Europa, inaugurada en junio de 1997 en el Acuario de Génova: estudiada hasta en sus más mínimos detalles, se ha convertido en la 'piscina privada' para unas 200 medusas de la especie *Aurelia aurita*, común en el Mediterráneo y en los mares del Norte, llamada también medusa *cuadrifoliada*, por la particular forma que las gónadas (glándulas sexuales) dibujan en el centro de su cuerpo.

continúa en pág. 89 →

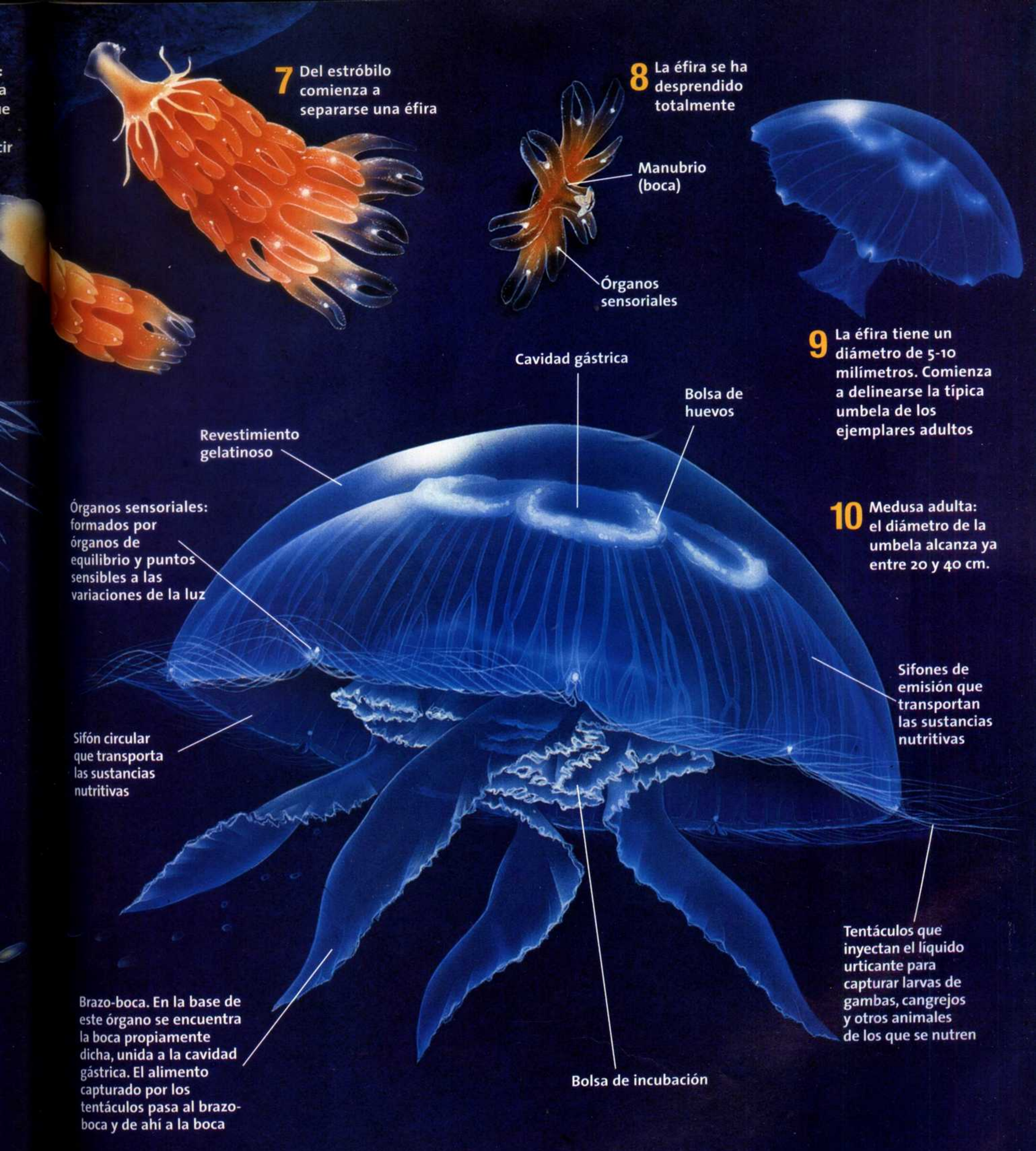
Cómo defenderse

Cuidado con tocar el 'gatillo'

Las medusas que hay en nuestros mares no causan lesiones mortales, a diferencia de las Cubomedusas, que viven en las costas australianas. Si durante un baño alguien es 'quemado' por una medusa, basta con enjuagarse con agua de mar, lejos del lugar donde se ha entrado en contacto con el animal y más tarde echarse vinagre en la zona afectada. No sirve ninguna pomada, pero si la quemadura es grave es mejor acudir a un médico. ¿Y si estamos en el extranjero, en esas zonas donde las picaduras pueden resultar incluso mortales? En ese caso hay que confiar en la capacidad de reacción del cuerpo, distinta para cada individuo. Los grupos de mayor riesgo son los niños y los ancianos, ya que sus defensas inmunitarias son más débiles, mientras que las personas de constitución más fuerte pueden salvarse.

Todas las medusas atacan de la misma forma: la quemadura se produce por el contacto con el veneno de las células urticantes (nidocistos o nematocistos) que se hallan a lo largo de los tentáculos. En ellos hay una cápsula (nidocistos) que a su vez contiene un filamento que manda el líquido venenoso que se encuentra en el cisto (vejiga). En la parte exterior de la célula urticante hay un cilio (nidocilio) que funciona como un 'gatillo'. Cuando se toca aumenta la presión en la cápsula urticante que 'dispara' el filamento hacia el exterior. Así, el veneno penetra en la víctima provocándole la quemadura. La descarga dura un venticincoavo de segundo y no se verifica si el nidocilio lo tocan materiales inertes.

ASÍ NACE UNA MEDUSA
La ilustración muestra las fases del proceso que lleva al desarrollo de una medusa adulta. La reproducción se da por vía sexual, (de hecho se parte de un óvulo fecundado) y asexual, con el mecanismo de la *estrobilación* (división transversal del cuerpo), que produce una serie de 'clones' idénticos.


7 Del estróbilo comienza a separarse una éfira
8 La éfira se ha desprendido totalmente
Manubrio (boca)
Órganos sensoriales
9 La éfira tiene un diámetro de 5-10 milímetros. Comienza a delinearse la típica umbela de los ejemplares adultos
Cavidad gástrica
Bolsa de huevos
Revestimiento gelatinoso
10 Medusa adulta: el diámetro de la umbela alcanza ya entre 20 y 40 cm.
Órganos sensoriales: formados por órganos de equilibrio y puntos sensibles a las variaciones de la luz
Sifones de emisión que transportan las sustancias nutritivas
Sifón circular que transporta las sustancias nutritivas
Tentáculos que inyectan el líquido urticante para capturar larvas de gambas, cangrejos y otros animales de los que se nutren
Brazo-boca. En la base de este órgano se encuentra la boca propiamente dicha, unida a la cavidad gástrica. El alimento capturado por los tentáculos pasa al brazo-boca y de ahí a la boca
Bolsa de incubación

PEQUEÑA, PERO FEROZ
A pesar de sus reducidas dimensiones (el sombrerillo tiene un diámetro máximo de 10 cm.), la *Pelagia noctiluca* es una de las medusas más urticantes presentes en el Mediterráneo. Su color varía entre el púrpura pálido y el rojo.

Como puede imaginarse, capturar ejemplares de estos animales es una operación complicada por su fragilidad, ya que basta con el simple movimiento de las olas para que se deshagan.

Al salir al mar se aprecia que las medusas que se encuentran cerca de la costa están destrozadas y tienen los tentáculos sesgados por la fuerza de las olas. Según se va adentrando uno en alta mar estos animales vuelven a ser bellos y grandes. También hay que decir que las medusas son un alimento apreciado para muchos peces, tortugas y cetáceos que se alimentan de ellas. A menudo sucede que algunos animales como delfines y ballenas sufren terribles oclusiones intestinales o incluso mueren por haber ingerido bolsas de plástico que han confundido con medusas.

Además de la observación en el mar, existen otros métodos para estudiar el comportamiento de las medusas, pero hay que capturarlas íntegras. Generalmente, se usan los mismos instrumentos que para coger plancton: por ejemplo, la 'botella', un cilindro con una capacidad que va de los dos a los 12 litros de agua y que en sus dos extremos tiene un dispositivo automático que permite el cierre a distancia, una vez alcanzada la profundidad deseada. También se emplean las 'redes', parecidas a las que se usan para cazar mariposas, con una soga en lugar de varilla y una abertura de metro y medio de ancho. Sin embargo, estos instrumentos no resultan siempre eficaces, ya que a menudo las medusas captan que llega la 'botella' o la 'red' y huyen.

Otra cosa extraordinariamente difícil es establecer con precisión la población de medusas de una zona determinada. Por ejemplo, nadie sabe cuántos ejemplares de *Pelagia* viven en el Atlántico o en el Mediterráneo. Pero no sólo eso: dado que no se logran obte-

continúa en pág. 90 →

UN TRÉBOL DE CUATRO HOJAS
Reconocible por su dibujo en forma de trébol sobre su cuerpo, la *Aurelia aurita* habita en el Adriático. No es especialmente tóxica.

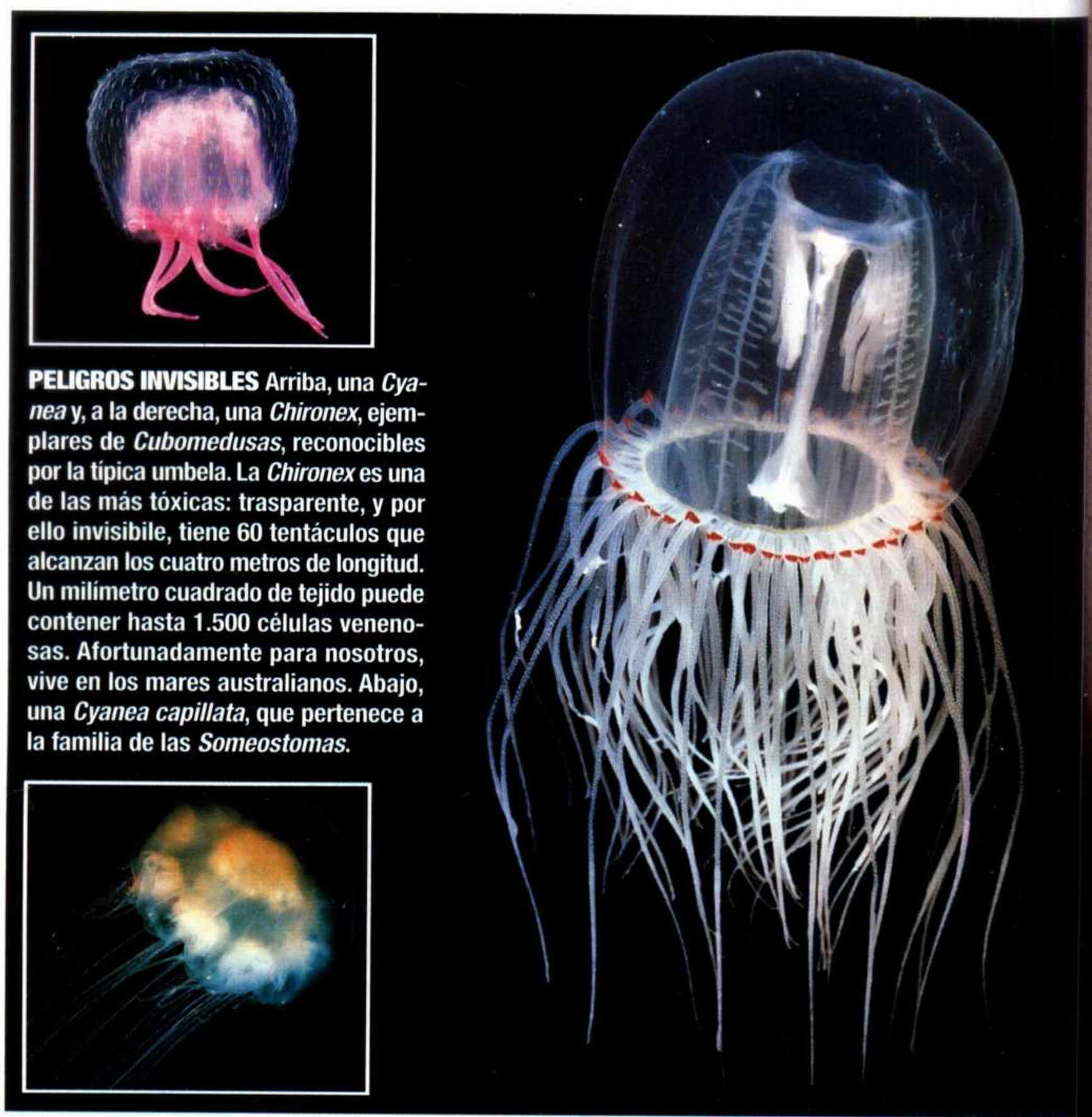
La medusa gigante: un monstruo marino poco conocido

Hasta ahora sólo ha sido vista en el Océano Pacífico, en las costas californianas. Esta medusa gigante, muy parecida a una *Chrysaora*, es un verdadero monstruo marino, con una umbela de dos metros de diámetro. No se sabe mucho de ella, ni el número de ejemplares existentes en California y en el resto del mundo. Tampoco podemos decir si su peligrosidad es directamente proporcional a su tamaño. Por ello, el submarinista que la ha fotografiado ha tenido cuidado en no sobrepasar la distancia de seguridad.

ner muestras de medusas a intervalos regulares de tiempo, a causa de sus apariciones esporádicas, resulta imposible reconstruir su historia biológica. Es más, de algunas especies que viven a centenares de metros de profundidad se desconoce por completo su ciclo vital.

En el Mediterráneo existen alrededor de una docena de especies de medusas. Las más comunes son las *Someostomas*, nadadoras resistentes y veloces, reconocibles por su umbela o campana más bien plana. El cuerpo, habitualmente transparente y gelatinoso, muestra bellísimos dibujos y tonalidades difuminadas. La *Pelagia noctiluca* que a veces forma bancos de hasta 45 kilómetros es una de las más conocidas: posee un diámetro de entre ocho y 10 centímetros y su color puede ir desde el púrpura pálido al rojo oscuro. Esta especie fue la 'bestia negra' de los bañistas durante unos 10 años entre 1976 y 1986. Después desapareció de repente para reaparecer hace tres años cerca de Malta.

La más extendida es la *Aurelia aurita*, incolora y transparente: su cuerpo parece un plato vuelto del revés, de unos 25 centímetros de diámetro que en casos excepcionales alcanza los 40. Al contrario de otras *Someostomas* es inocua para los bañistas porque las cápsulas urticantes de las que está dotada no logran penetrar en la piel humana. Principalmente costera, llega a las playas empujada por las corrientes marinas y se encuentra, además de en el Mediterráneo, en todos los océanos desde el Ecuador hasta los polos.



PELIGROS INVISIBLES Arriba, una *Cyanea* y, a la derecha, una *Chironex*, ejemplares de *Cubomedusas*, reconocibles por la típica umbela. La *Chironex* es una de las más tóxicas: trasparente, y por ello invisibile, tiene 60 tentáculos que alcanzan los cuatro metros de longitud. Un milímetro cuadrado de tejido puede contener hasta 1.500 células venenosas. Afortunadamente para nosotros, vive en los mares australianos. Abajo, una *Cyanea capillata*, que pertenece a la familia de las *Someostomas*.

Tras sus extraordinarios colores se oculta un arma mortal

La *Chrysaora hysoscella*, interesante especie hermafrodita, es una medusa que se mueve en grupos de muchos ejemplares y cerca de la orilla: de color amarillo o rojo oscuro, tiene un diámetro de entre 30 a 50 centímetros y como la *Pelagia* puede provocar quemaduras de cierta consideración. Se encuentra también en el Océano Atlántico y en el Mar del Norte. Otra temida especie de *Someostomas* es la *Chrysaora quinquecirra* del Atlántico. La campana, muy decorada, y el cuerpo multicolor la hacen parecer bella e inocua, pero en realidad sus 40 tentáculos amarillo dorados, que se alargan varios metros, tienen un peligroso efecto urticante.

También en el Mediterráneo se encuentran, aunque actualmente no en gran número, las *Rizostomas*, dotadas de umbela en forma de seta arqueada. Por ejemplo, la *Rhizostoma pulmo* o 'pulmón marino': poco tóxica, mide de 30 a 60 centímetros de diámetro y carece de tentáculos.

La *Cotylorhiza tubercolata*, también inofensiva, que tiene una umbela marrón o verdusca, con un diámetro de aproximadamente 40 centímetros.

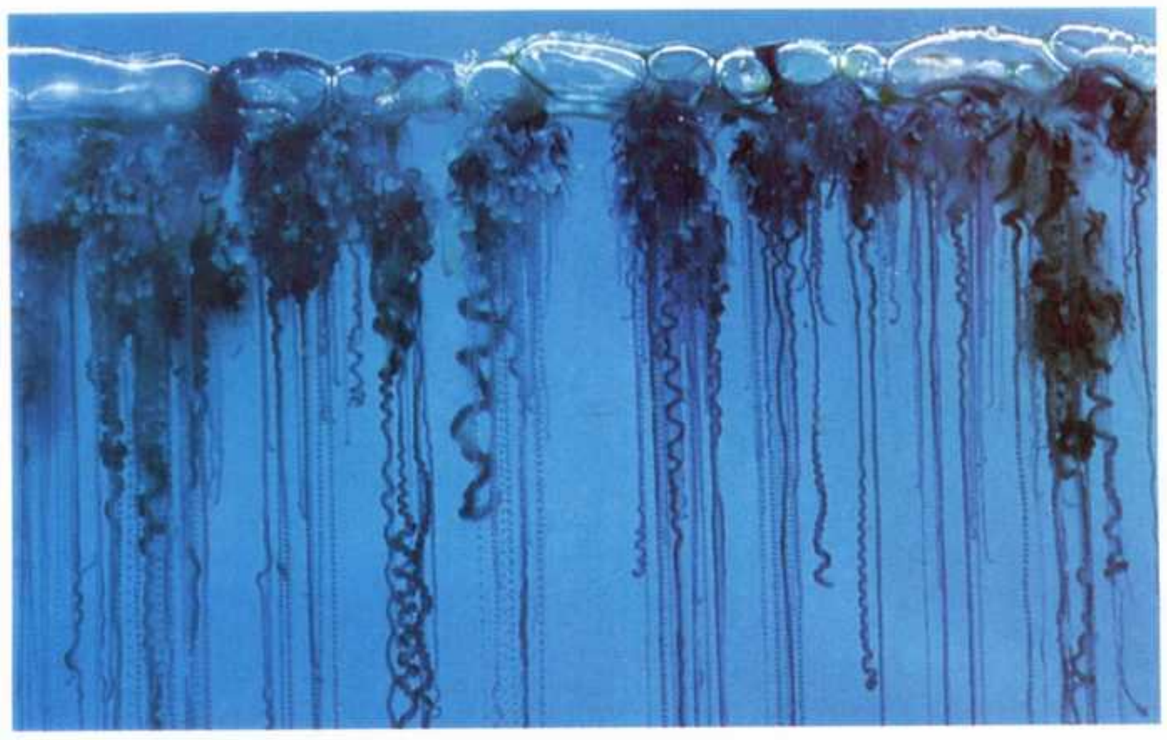
También es relativamente numerosa la *Carybdea marsupialis*, perteneciente a las *Cubomedusas*, cuyo nombre le viene por su característica umbela cúbica. Urticante, aunque no peligrosa, tiene el cuerpo transparente y es casi invisible: normalmente vive en el Caribe y ante las costas africanas y portuguesas, pero de junio a septiembre se establece también en el mediterráneo.

La *Aequorea aequorea* es una medusa invernal y, por tanto, poco conocida por los bañis-

continúa en pág. 92

tas. Forma parte de las *Hidromedusas* y sus ejemplares son muy pequeños (habitualmente, no alcanzan un centímetro de diámetro). Se sitúan sobre las rocas marinas, hasta tal punto que pueden ser confundidas con algas. Por ello, además de por sus dimensiones y por su color pardo, es llamada 'musgo marino'.

En el Mediterráneo oriental se han visto algunas medusas que originariamente vivían en el Mar Rojo: recientemente se han desplazado a las costas egipcias, sirias, libanesas, israelíes y turcas y se supone que dentro de poco llegarán al Mediterráneo Occidental. Entre ellas, se encuentra la *Rhopilema nomadica* (bautizada así en 1990), una medusa de unos 80 centímetros de diámetro, particularmente temida porque acaba y llega a sustituir completamente a la fauna autóctona de los mares en que se asienta. Otras especies han llegado hasta el Egeo, a Creta; es el caso de la *Cassiopea andromeda*, 'anómala' porque en vez de nadar se asienta en el fondo del mar.



LA UNIÓN HACE LA FUERZA. Ejemplares de *Physalia*. Son muy venenosas y provocan shocks anafilácticos (reacciones del organismo, a menudo mortales). Son predadores que viven en colonias asumiendo el aspecto de un único animal.

▸ Terribles *Cubomedusas*

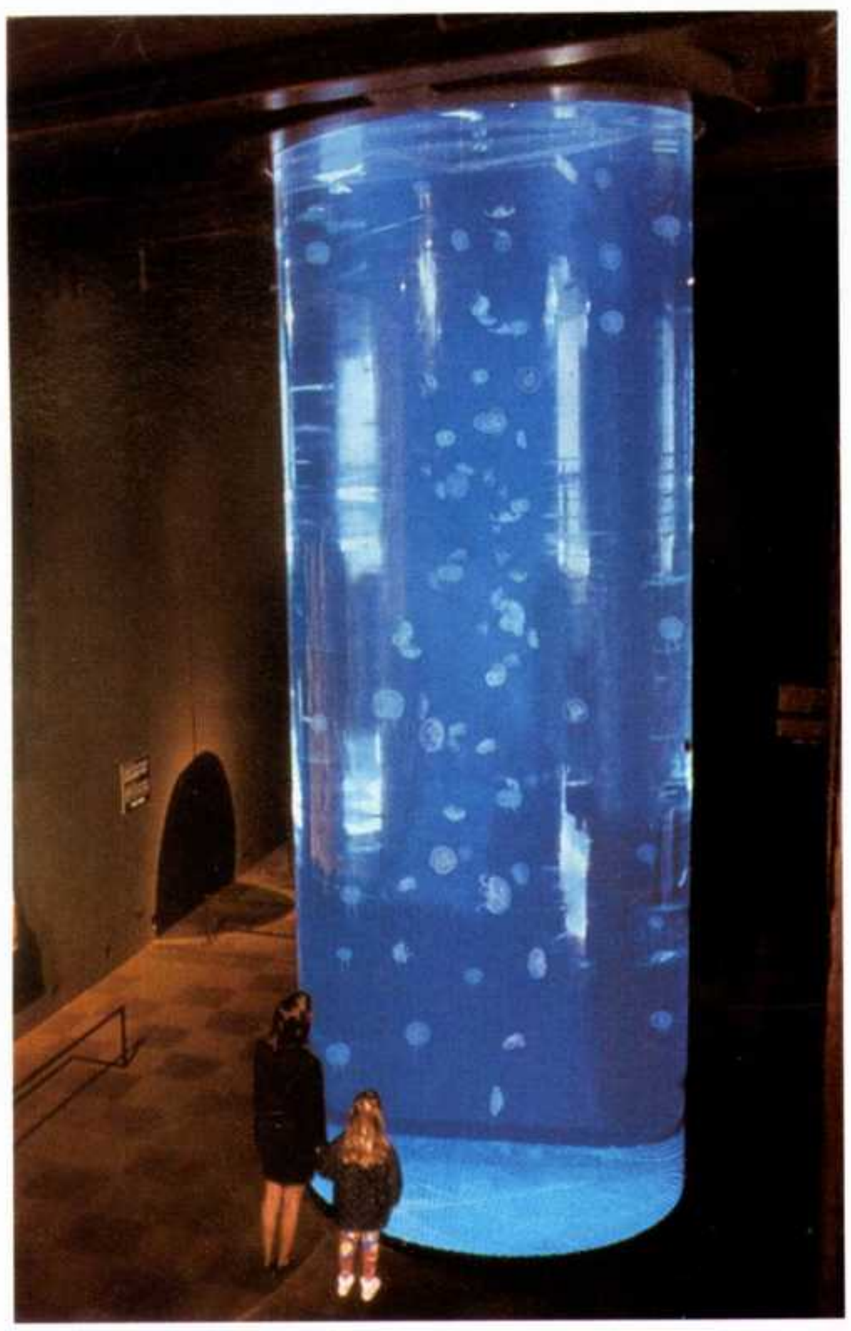
Comentario aparte merecen las *Cubomedusas*, pertenecientes a la clase de los Escifozoos (también conocidos como Caribdeidos).

De la parte externa de su umbela cúbica salen cuatro tentáculos o cuatro grupos de ellos. En algunos casos su picadura puede provocar la muerte. Viven en mares poco profundos, en aguas abiertas o cercanas a las costas de Japón, Filipinas, Caribe y zona oriental de Australia. Se mueven velozmente, gracias a las rápidas contracciones de la campana. Suben a la superficie al amanecer y al atardecer que es cuando son más peligrosas para los bañistas. El resto de las horas del día viven en el fondo.

Las *Cubomedusas*, llamadas 'avispas de mar', son muy conocidas y temidas por los bañistas de las zonas en que habitan ya que muchos de ellos han padecido sus dolorosas quemaduras. Debido a su pequeño tamaño y a su transparencia son casi invisibles. Son las especies más grandes de las que pueden resultar mortales. Entre ellas la *Chironex fleckeri*, perteneciente al orden de los Quirodrópidos, que se encuentra en las costas orientales australianas. Su diámetro alcanza unos 15 centímetros y es la 'avispa de mar' más peligrosa para el ser humano.

Un acuario para medusas único en Europa

• En un laboratorio se puede recrear el ciclo vital de las medusas. En Génova se está realizando un experimento único en Europa en el estudio de las medusas. Bajo la dirección de la bióloga marina Francesca Ricci se han capturado y conseguido reproducir cientos de medusas de la especie *Aurelia aurita*, que desde junio de 1997 se encuentran en una enorme pecera del Acuario de Génova. Único en Europa, el acuario mide siete metros de alto, tiene un diámetro de 240 centímetros y una capacidad de 30.000 litros. Las medusas del acuario nacen de pólipos que se han reproducido de manera asexuada –el fenómeno conocido como estrobilación– obteniendo miles de pequeñas medusas llamadas éfiras que se han alimentado con larvas de *Artemia salina*, un pequeño crustáceo. Dado que la medusa se mueve normalmente de forma similar a las olas, ha sido necesario reproducir artificialmente en el acuario un movimiento similar al oleaje marino. Para ello se ha recurrido a la empresa francesa Nausicaa, que colabora en la gestión científica del acuario genovés y que ha creado diversos fluidos de agua en el interior. Las tres corrientes diferentes (ascendente, descendente y circular) ayudan en la dispersión de los animales evitando que se amontonen y se dañen. La atmósfera de la sala en semipenumbra y con la *pecera* iluminada es muy difícil de olvidar.



Mi increíble cuerpo humano. Una completa y divertida lección de ciencia y anatomía para que los más pequeños de la casa aprendan a conocer su cuerpo de forma amena y mientras juegan (Zeta Multimedia).

SECCIÓN COORDINADA POR JOSEP MARIA ESCOFET

Un viaje alucinante por la historia mundial

Del Big Bang al fin del milenio; 15.000 millones de años se encuentran resumidos en *Aventura*, el nuevo título multimedia de la firma Larousse. Esta obra enciclopédica sintetiza en cinco cd-roms y miles de imágenes los grandes sucesos que han modelado la historia a lo largo de los siglos. De la mano de túneles del tiempo temáticos, el programa viaja por las diferentes épocas históricas a través de un impresionante caudal gráfico. *Aventura* permite visitar el Partenón de Grecia, la carabela Santa María o la Bastilla de París para revivir en tres dimensiones los momentos que cambiaron el curso de la Humanidad. El programa también cuenta con un millar de animaciones, más de 5.500 imágenes en alta resolución, que se pueden imprimir o copiar, y seis juegos interactivos para divertirse con la historia.

Aventura
Anaya Interactiva
14.900 pesetas

Jaque mate al ordenador

Los programas para jugar al ajedrez se han convertido en un clásico de la informática. Aunque apenas logren rozar la asombrosa capacidad de Deep Blue, la mítica computadora que fue capaz de imponerse al mismísimo Kasparov, los juegos de ajedrez por ordenador siempre son un buen reto para los aficionados al tablero. *Chessmaster*, uno de los veteranos en la materia y con más prestigio del mercado, presenta ahora su nueva edición. El programa contiene nuevos tableros y fichas, 2.200 variaciones de apertura y una base de datos con 300.000 partidas que lo convierten en una auténtica enciclopedia de ajedrez, que hará las delicias de los aficionados. Además, el jugador tiene la oportunidad de observar cómo maestros de la talla de Kasparov o Fischer resolverían las situaciones más complicadas.

Chessmaster 6000
Mindscape
7.990 pesetas

El genio de un creador

Multidisciplinar, apasionado, contradictorio pero siempre genial, Miguel Ángel fue un artista único que representó como nadie el espíritu del Renacimiento y que firmó algunas de las obras maestras de la escultura, la pintura y la arquitectura universales. A través de una sobria y elegante mezcla de imágenes, textos y músicas *Miguel Ángel, Vida y Obra* nos acerca al genio italiano mediante una narración cronológica, un repaso a su obra, un paseo por los lugares que marcaron su vida y un recorrido por los personajes con los que compartió su experiencia vital.

Miguel Ángel, Vida y Obra
Anaya Interactiva
5.990 pesetas

El retorno de la heroína digital

Lara Croft, la atractiva e intrépida aventurera que se ha convertido en la gran estrella digital, está a punto para afrontar nuevos retos. En *Tomb Raider III*, su nueva aventura, esta apasionada por la Arqueología viajará por medio mundo en busca de un extraño objeto. Recorrerá los tejados de Londres, las junglas de la India, los rápidos del Pacífico Sur y el desierto de Nevada hasta llegar a una misteriosa y sorprendente Antártida. Y es que, en realidad, persigue una reliquia que forma parte de un meteorito caído en el continente helado y cuyas radiaciones alteran la estructura genética de los seres vivos. Además de la ración de diversión que asegura siempre la saga *Tomb Raider*, esta tercera entrega presenta novedades. Se han mejorado los gráficos en tres dimensiones y, como ya es habitual, Lara Croft ha renovado vestuario y ha aumentado su repertorio de movimientos.

Tomb Raider
Proein
7.990 pesetas

Hablando claro

Sólo hay que hablar. A medida que los programas de reconocimiento de voz se perfeccionen, el ratón y el teclado quedarán arrinconados y bastará con conversar para comunicarse con el ordenador. IBM se ha empeñado en acercar nuestra voz a la informática. *Via Voice 98 Home*, con un vocabulario básico de 64.000 palabras, incorpora un diccionario con más de 400.000 vocablos y utiliza técnicas de verificación del contexto para aumentar su fiabilidad. Puede utilizarse con *Microsoft Word*, permite editar y formatear los textos verbalmente e incorpora una opción de dictado para que el ordenador dé voz a documentos escritos.

Via Voice 98 Home
IBM
10.990 pesetas

Una historia de agua y jabón

Un pecado mortal, un rito religioso, un acto inútil, una costumbre sana y normal... El baño, un acto hoy cotidiano, ha tenido y aún tiene distintos significados según la época y la cultura. Ciertas opciones radicales, desde la manía obsesiva por la limpieza hasta la suciedad como forma de protesta social, son el último capítulo en la historia de la higiene

POR FRANCESCA CAPELLI Y ANA GOÑI

El Papa Adriano, en el siglo VIII, aconsejaba a los sacerdotes que se bañaran, todos juntos, los martes, y Luis XIV, el Rey Sol, lo hizo una sola vez en sus 65 años de vida. Son simples anécdotas, pero también valiosos ejemplos que ilustran la mentalidad y los hábitos que han precedido y conformado la sociedad actual. Los comportamientos ligados al cuidado corporal son fruto de la Historia, varían según la cultura y están influidos por los descubrimientos científicos y por los cambios que se producen en la sociedad, en la moral y en la religión. Es posible trazar una verdadera historia social del aseo personal. Desde los primeros *higienistas* de la Antigüedad, los romanos, que utilizaban sofisticados baños al servicio del aseo y del placer, hasta los hábitos actuales, hay un largo recorrido que esconde algunas sorpresas.

La Edad Media ofrece un buen ejemplo de ello. Al contrario de lo que se piensa, en esa época no reinaba un abandono absoluto del aseo. «Por influjo de la cultura romana –y en los reinos ibéricos, también de la cultura árabe– los baños jugaban un papel muy destacado en la vida de las élites medievales», sostiene Jon Arrizabalaga, investigador del Departamento de Historia de la Ciencia del CSIC. Sin embargo, su propósito era

continúa en pág. 98

SALUD

A finales del siglo XIX, los médicos se habituaron a lavarse las manos antes de tocar a los pacientes.

RELAX

El baño también puede ser vivido como un momento de placer y relajación.

IDEOLOGÍA

La cultura *punk* convirtió la suciedad en una ideología. No lavarse es una forma de rebeldía contra las reglas sociales.

BIENESTAR

Los japoneses se lavan echándose por encima palanganas de agua. El baño por inmersión tiene un significado de regeneración del cuerpo y del espíritu.

SEDUCCIÓN

Durante siglos, el baño ha estado ligado a la sexualidad, un concepto inaceptable en muchas sociedades.

PURIFICACIÓN

En la India, las abluciones rituales en el Ganges tienen una importante función religiosa que se conserva desde hace milenios.

más lúdico que higiénico, y sólo estaba al alcance de los estamentos privilegiados. En cuanto a los utensilios, poco quedaba en el medievo del esplendor romano. Frente a los cuidados baños de la Antigüedad, los hombres medievales disponían de un tonel en el que se bañaba toda la familia, como mucho, una vez al año.

Además, de acuerdo con las teorías médicas que permanecieron plenamente vigentes hasta el siglo XVI, «el baño dilataba los poros cutáneos y debilitaba la naturaleza del cuerpo, lo que contribuía a facilitar el contagio de enfermedades», asegura el historiador. Bajo su nefasta influencia se luchó con la gran epidemia de peste negra de 1348, descrita en el Decamerón de Boccaccio. La población recurría a la llamada *limpieza en seco*: se mudaban de camisa, usaban ungüentos, afeites y cremas, nunca agua. Otras enfermedades contribuyeron a reforzar estas ideas. «El caso más notorio es el del llamado *mal francés*, la sífilis, que se difundió rápidamente por toda Europa a partir de 1490», sostiene Jon Arrizabalaga. La idea de que este mal se transmitía por contacto cutáneo permite explicar el cierre de los baños públicos, herencia de Roma.

CUANTO MÁS SUCIO, MEJOR. Para los *hippies* californianos y los *rastas* de procedencia jamaicana no lavarse es una forma de recuperar las raíces salvajes y perder la influencia de la civilización. Todo lo que es natural, incluida la suciedad, se considera bueno y puro.

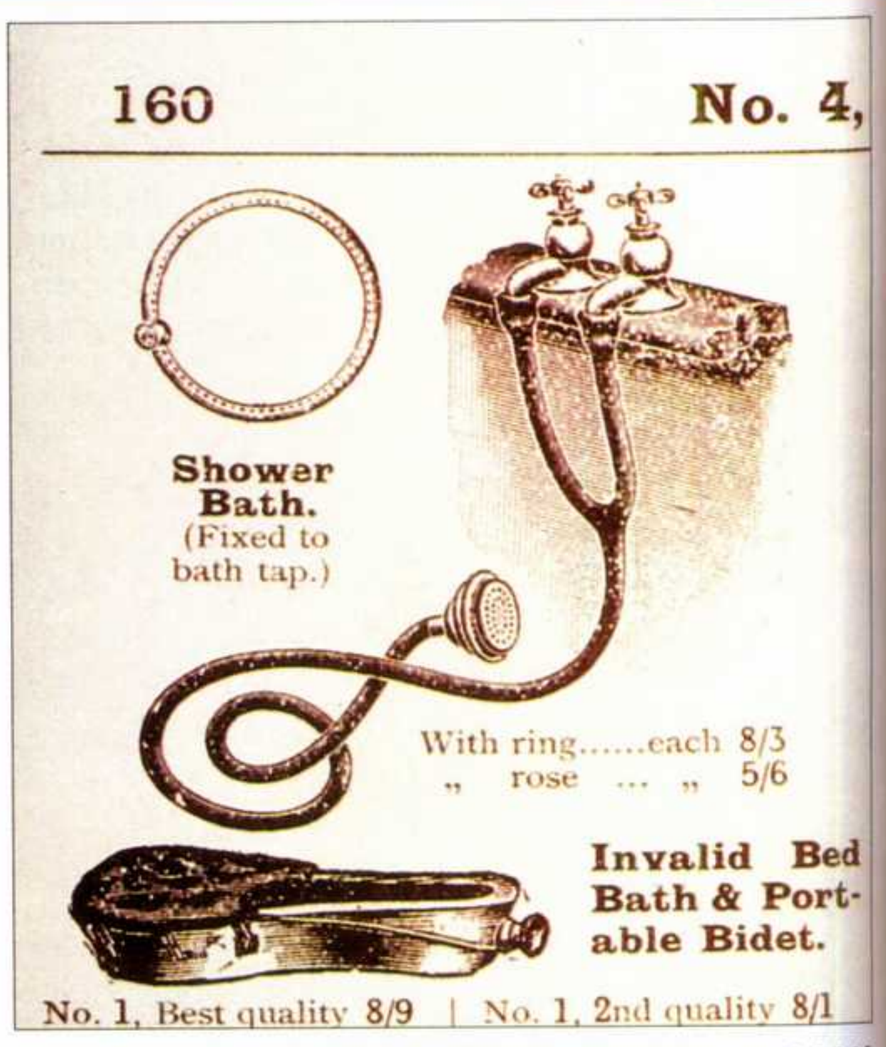
Cloacas medievales

Y es que, aunque la suciedad no fuese dueña absoluta de la sociedad medieval, sí tenía en ella una gran aliada. Basta pensar en la costumbre de tirar el contenido de los orinales por la ventana al grito de «¡agua va!», que se mantuvo en España hasta el siglo XVIII, o en la de orinar en la calle, un hábito que algunos practican todavía. Las poblaciones de la Edad Media eran verdaderas cloacas, un hábitat perfecto para la suciedad y los gérmenes que respondía a una mentalidad que no contemplaba el concepto de higiene.

continúa en pág. 100

Un artilugio para mujeres libertinas

• **Los burdeles** eran los primeros escenarios en los que se difundían los nuevos hábitos y equipamientos higiénicos. ¿La causa? Una temprana preocupación política por el control sanitario de la prostitución. Las mujeres decentes, que podían contraponer la limpieza del alma a la corporal, no necesitaban bañarse. El bidé fue una de las novedades que adoptaron las prostitutas, y durante mucho tiempo estuvo ligado a su oficio. Este aparato surge oficialmente en Francia en 1732, en el Siglo de las Luces. Cortesanas y prostitutas fueron las primeras en utilizar este sofisticado lavabo que indicaba costumbres sexuales en cierto modo permisivas y liberales. Por esto la práctica de la higiene íntima era considerada inmoral e inadecuada para las personas decentes. Con el transcurso del tiempo, este invento llegó a convertirse en un objeto de uso cotidiano en Francia. No pasó lo mismo en Inglaterra. Hasta los primeros años del siglo XX, el bidé todavía era considerado como un símbolo de libertinaje más que de higiene, era una *inconveniencia* continental a la que los ingleses contraponían la costumbre de la ducha. Las pocas familias que se atrevían a usarlo lo ocultaban en pequeños armarios.



PARA CASOS DE URGENCIA. En Inglaterra el bidé quedó limitado a usos muy concretos. Los enfermos que no podían levantarse podían utilizarlo, como publica este catálogo de 1907.

Cruzcampo recomienda el consumo responsable.

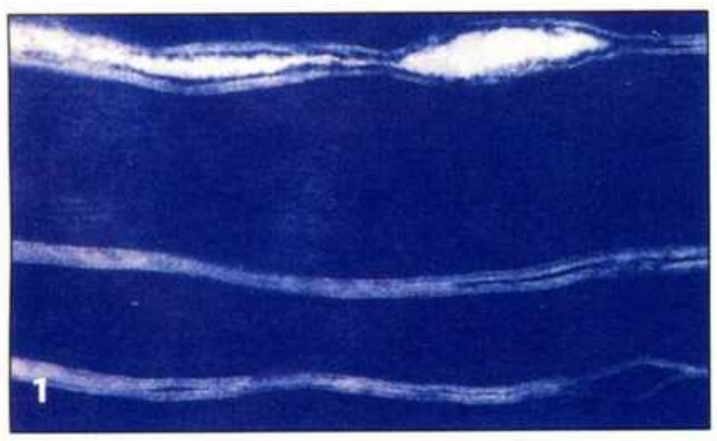
Costumbres 'indecorosas'

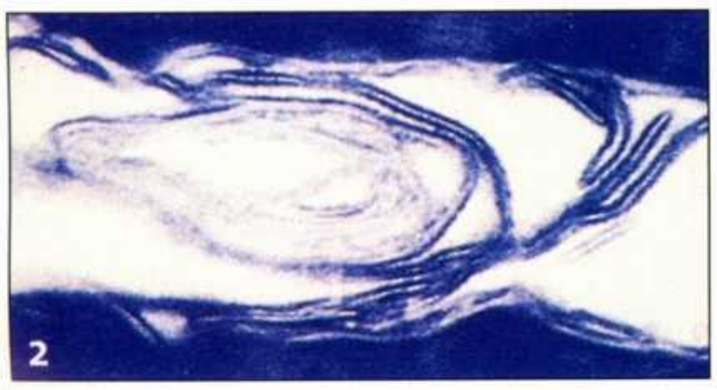
A partir del siglo XVIII se produjo un cambio importante en las teorías sobre el cuerpo, la salud y la enfermedad. Se abrió paso la creencia de que los baños, particularmente los de agua fría, limpian y fortifican el cuerpo. Esto explica el auge de los balnearios durante el siglo XIX y comienzos del XX. Sin embargo, la sexualidad comenzó a jugar un papel importante en la restricción de la higiene. «Frente a la imagen más extendida del mundo medieval, la sexualidad fue vivida de forma mucho más libre en la Edad Media que en la Moderna», afirma Jon Arrizabalaga. Sólo a lo largo del siglo XVI, con la difusión de la Reforma y el Concilio de Trento, la represión impuesta por las autoridades eclesiásticas alcanzó a la mayoría de la población. El momento culminante en esta actitud llega con la moral victoriana, la moral burguesa del XIX, un siglo en el que, según el investigador del CSIC, «se detecta una particular insistencia en las *perturbaciones* que los baños de agua caliente podían comportar para la *continencia* de los jóvenes y la *recta* conducta moral de los adultos». La opinión favorable de los médicos del XIX hacia la higiene tuvo en su contra una moral que etiquetaba como 'indecoroso' todo lo relacionado con ella, lo escondía y silenciaba.

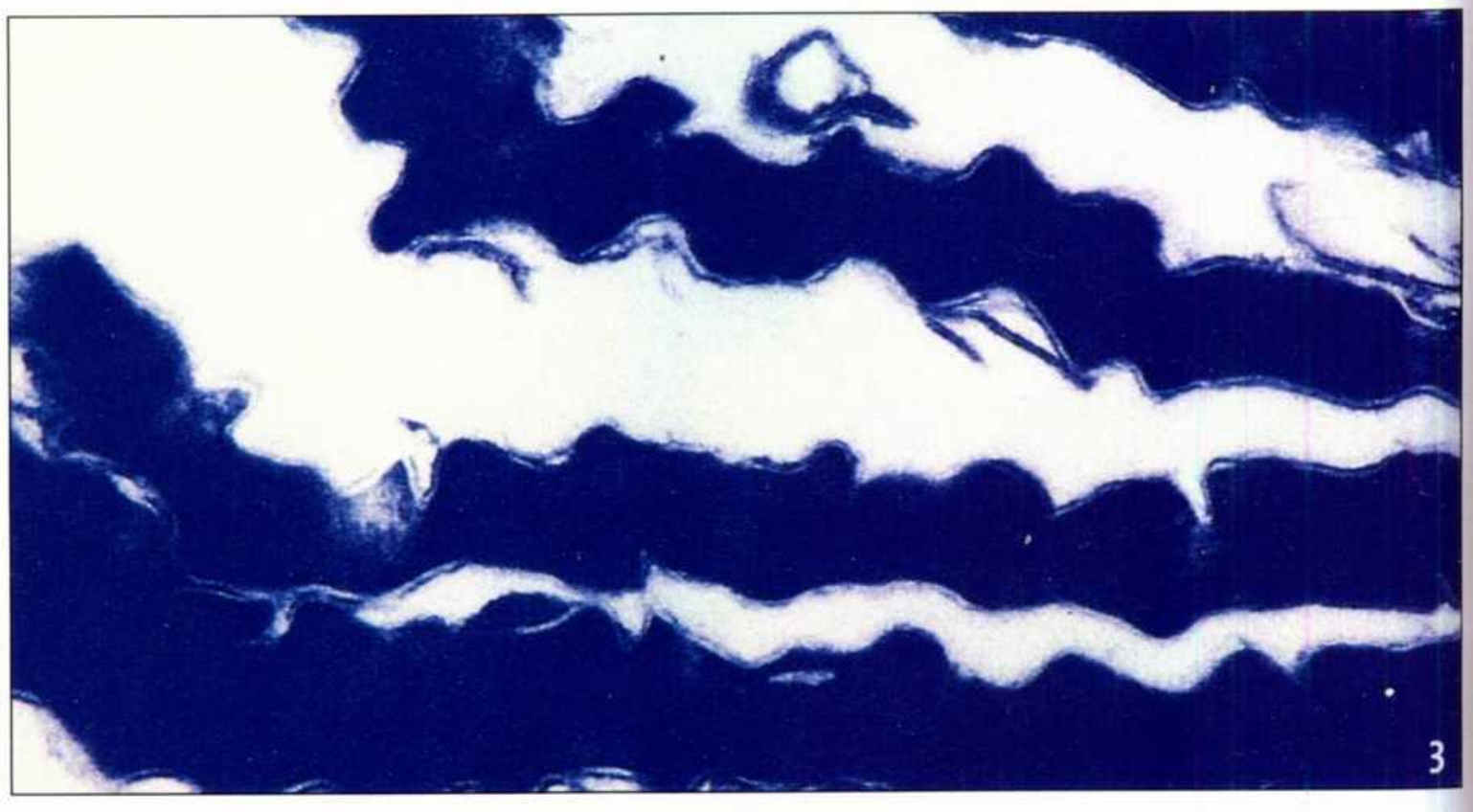
continúa en pág. 102

¿Los enemigos? Suciedad y jabones agresivos

La piel está dotada de una protección natural, el manto hidrolipídico, constituido por un estrato de agua y grasa que recubre el exterior de la epidermis. Esta película tiene una estructura compleja: agredirla con jabones demasiado fuertes es nocivo y puede provocar la pérdida de esta película protectora. Sin embargo, «la secreción del manto es continua, ya que la piel no tiene ciclos», sostiene la dermatóloga Aurora Guerra Tapia, del Hospital Doce de Octubre. «En 20 minutos o media hora se recupera, aunque la piel seca tarda más e incluso hay que tratarla con cremas». Pero no sólo los jabones con alto grado de detergente son nocivos. Porque si bien es cierto que los jabones demasiado agresivos hacen daño, la suciedad no es menos nociva. La falta de higiene provoca fenómenos de obstrucción en la salida de las glándulas, lo que puede llegar a derivar en «comedones , quistes o incluso algún tipo de sobreinfección de la piel», sostiene la dermatóloga. «Ésta puede transformarse en un medio de transmisión de enfermedades e infecciones», añade. Para evitar estos problemas, hay que huir del exceso, tanto en la higiene como en su opuesto. Lo que hay que hacer es encontrar un equilibrio entre la limpieza diaria y el respeto a la piel y al cabello. Es difícil establecer un ciclo óptimo de higiene, ya que varía según factores como la edad, el sexo o la profesión. En condiciones normales, lo recomendable para estar limpios sin dañar la piel es una ducha o un baño al día para eliminar los residuos de sudor y de grasa, las células muertas y las sustancias químicas que se hallan en el aire contaminado de las ciudades. Para escoger el tipo de jabón, es necesario considerar el PH de la piel y la grasa. No hay que sobrepasar el PH (grado de acidez o alcalinidad) de la piel. Un PH neutro es 7. El PH de la piel está entre 5 y 5,50, es decir, es ácido.







ADIÓS A LA PROTECCIÓN NATURAL. Estas fotos tomadas con microscopio electrónico muestran los efectos sobre la piel de los jabones más agresivos. Foto 1: la epidermis, la parte más exterior de la piel, está constituida por células (en azul en la imagen). Éstas se hallan unidas gracias a unas sustancias grasas, los lípidos infracórneos (en blanco). Foto 2: las células entran en contacto con una solución contenida en los jabones antiguos. Tras 15 minutos, los estratos lípidos comienzan a escamarse. Foto 3: después de 30 minutos los estratos lípidos han desaparecido y las células se han despegado y alejado unas de otras. Esto explica los fénomenos de descamación que se producen tras el uso de jabones demasiado agresivos.

Son ideas que han sobrevivido hasta hace bien poco: a principios del siglo XX, las alumnas de los colegios regentados por religiosas debían lavarse a oscuras y cubiertas con túnicas para evitar contemplar su cuerpo.
Durante el siglo XVIII comenzaron a aparecer cuartos de baño y bañeras en las dependencias palaciegas, pero la extensión de esta práctica al resto de la sociedad se produjo de forma muy lenta. En España fue Alfonso XII, uno de los monarcas que mayor influencia tuvo sobre la ciudadanía –por ejemplo, entre los hombres impuso la moda de lucir pobladas patillas–, quien introdujo la costumbre de lavarse cada día. Cuando se supo en la calle que el rey se duchaba a diario, se impuso el sano hábito de imitarlo, no con la ducha, que requería unas instalaciones que no existían, pero sí con el baño.
La última gran revolución se da entre 1950 y 1960, cuando el agua corriente llega, por fin, a todas las casas y modifica, una vez más, la mentalidad y las costumbres. La era de la higiene se inaugura en el momento en que abrir un grifo no cuesta ningún trabajo, el agua no se dosifica y cualquiera puede bañarse por el mero placer de hacerlo.

Un mar de símbolos

A lo largo de la Historia, y en las diferentes culturas, el baño ha tenido connotaciones muy diferentes: la higiene ha sido considerada dañina, ha supuesto un hábito placentero, ha recibido el halago de la Medicina, ha atentado contra la moral... Cada gesto o rito pone al hombre en contacto con toda una serie de significados simbólicos. En todas las culturas, el agua representa un renacimiento –como lo testimonia la expresión *baño regenerador*– y la purificación. Éste es el significado del bautismo cristiano, de las inmersiones purificadoras de los hindúes en el Ganges, de las abluciones previstas en el Corán y de un gesto tan simple como la ducha diaria: no sólo limpia el polvo y el sudor, sino también el cansancio y las preocupaciones.
En la actualidad, algunos grupos sociales han convertido los hábitos higiénicos en símbolos de protesta y ruptura frente a la sociedad. Para los *hippies* o los *rastas* de procedencia jamaicana, que responden al estereotipo de que todo lo salvaje es intrínsecamente bueno, el no lavarse es una forma de recuperar las raíces primarias y esquivar la influencia de la civilización. La suciedad del *punkie* es metropolitana y contaminada, química y artificial, muy distinta del ecologismo *hippie*.
Los gestos ligados a la higiene corporal nunca resultan insignificantes. Elegir el baño o la ducha, la mañana o la noche no es sólo una cuestión de tiempo u organización. Lavarse a primera hora sirve para eliminar los residuos del sueño y tomar contacto con el mundo, mientras que hacerlo por la noche permite liberarse

continúa en pág. 104

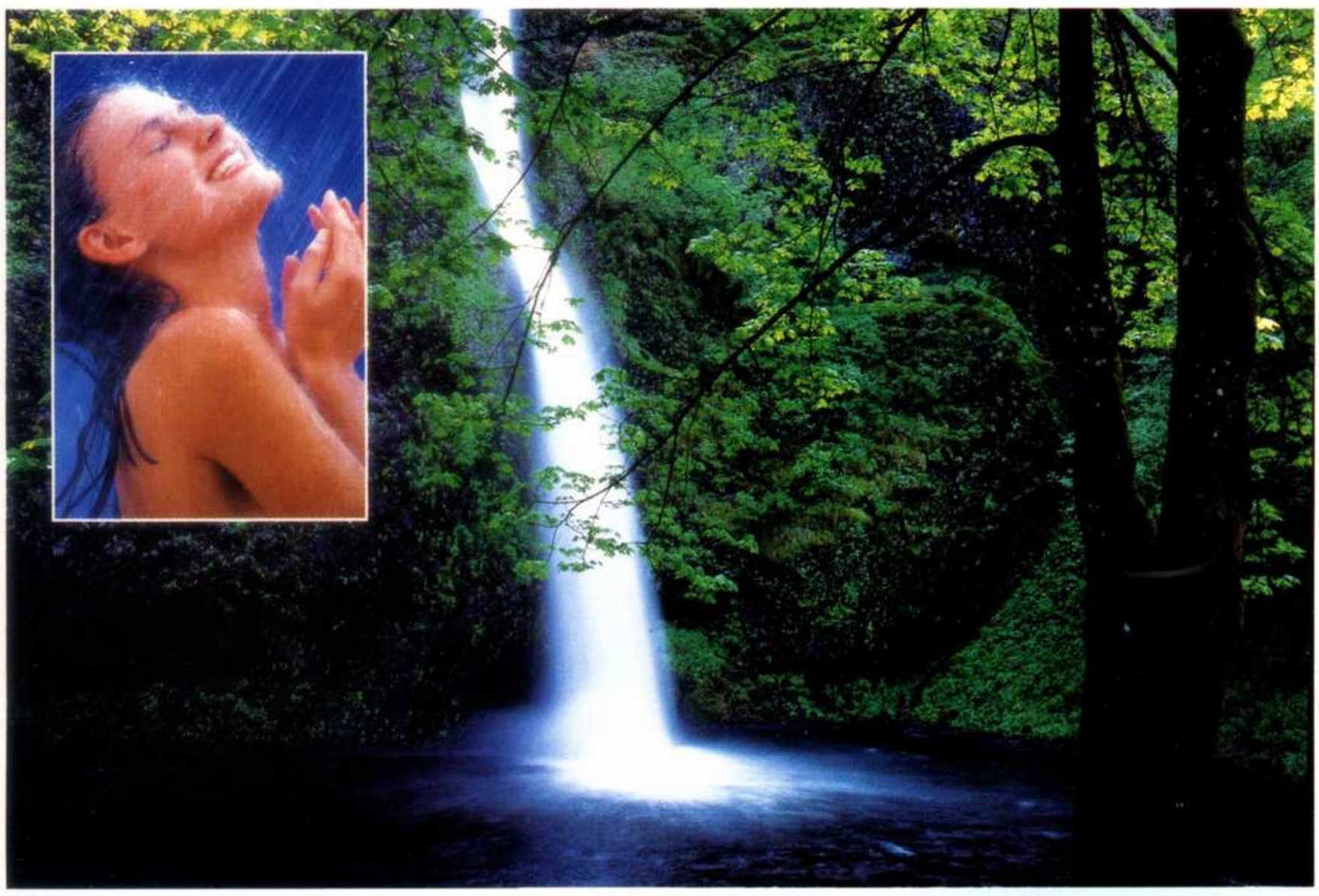
Higiene y Medicina

Millones de vidas fuera de peligro

• **Hasta hace** 150 años, una de cada tres mujeres que daban a luz en un hospital moría de septicemia (una infección generalizada) porque los médicos no se lavaban las manos. Lo descubrió el médico húngaro Ignác Fülöp Semmelweis (1818-1865), pero pagó cara la *afrenta* de invitar a sus colegas a que se lavaran antes de tocar a los pacientes. Cuando trabajaba en la clínica de Obstetricia de Viena, Semmelweis constató que los médicos pasaban, sin lavar sus manos, de la sala de autopsias a los paritorios, transmitiendo los agentes infecciosos de los cadáveres a los órganos genitales de las mujeres. A pesar de la oposición de su médico en jefe, Semmelweis impuso a los médicos una higiene mínima antes de asistir a los partos y aisló a las mujeres ya infectadas. En muy poco tiempo la mortalidad de las parturientas de su pabellón bajó del 30 al 1.27%. En 1850 Semmelweis presentó su método en la Academia de las Ciencias de Viena: consiguió apoyos pero también muchas críticas. Durante muchos años parte de los médicos no tomó en serio su recomendación, que no se difundió en toda Europa hasta 1870. Semmelweis no pudo ver cómo triunfaban sus ideas. Contrajo una infección proveniente de los cadáveres –la misma que había sabido evitar en las parturientas– y murió a los 47 años en un manicomio de Viena.

Anécdotas como la suya forman parte de de la historia de la Medicina, el objeto de la exposición *La salud en la historia de Europa* que, organizada por el Departamento de Historia de la Ciencia del CSIC y por la Residencia de Investigadores, estará abierta en Barcelona hasta el viernes 18 de diciembre (c/ Egipcíaques, 3).

OPERACIÓN MANOS LIMPIAS. Hasta 1870 los médicos efectuaban autopsias e iban al paritorio sin lavarse las manos. Quien introdujo esta sana costumbre fue el médico húngaro Ignác Semmelweis.



EL AGUA, UN RECURSO LLENO DE SÍMBOLOS. Los gestos y ritos ligados al agua siempre ocultan un significado simbólico. En todas las culturas y religiones representa la vida, la regeneración y la purificación.

de la propia identidad social y profesional y reemprender la privada. La ducha elimina el cansancio y transmite energía, mientras que el baño es un momento de placer y relax. Aunque el aseo personal sea una costumbre cotidiana en la que ya casi nadie repara, no ha perdido sus significados.

Un hábito enfermizo

El alto concepto que se tiene hoy de la higiene puede llegar a tener, en ciertos individuos, lamentables consecuencias. La obsesión por la limpieza, como el impulso a lavarse nada más estrechar la mano a una persona, a veces desemboca en verdaderas patologías.

Hay quien se lava más de 100 veces al día, hasta el extremo de producirse llagas en la piel y otras heridas. Pero, como afirma el psicólogo clínico Jaime González Cantalapiedra, los problemas van mucho más allá del daño físico: «Descartando alteraciones orgánicas y neurológicas, estas actitudes responden a patologías psicológicas, incluso puede tratarse de casos de difícil solución».

Un cuidado compulsivo, repetitivo e incontrolable es signo de una neurosis obsesiva intensa, donde la necesidad constante de limpieza puede bloquear totalmente la capacidad de razonar de la persona que la padece. Estas personas se mueven guiadas por un afán enfermizo de perfeccionismo, y su sufrimiento puede llegar a ser dramático: «Ellos mismos se meten en su cárcel, se aíslan en su soledad», sostiene el psicólogo. No es menos preocupante el abandono extremo del cuidado personal, que puede ser signo de una fuerte depresión o, incluso, de una esquizofrenia.

Casos menos radicales suelen pasar desapercibidos, pero siempre indican algún trastorno. «Una variación acusada en el aseo responde generalmente a un estado transitorio de inestabilidad emocional», asegura Jaime González. Se trata de depresiones, carencias, separaciones o circunstancias difíciles que pueden provocar la manía o el descuido del aseo.

«Si bien el abandono es más visible y alerta a las personas próximas al individuo, no por ello hay que ser menos crítico sobre un excesivo cuidado y perfeccionismo», señala el psicólogo. La obsesión por la higiene tiene buena reputación, pero algunas veces es signo de un trastorno del que no es fácil escapar.

El mercado de la higiene

Ante todo, natural

• **Jabón para** el cutis, para el cuerpo y para las manos. Gel de baño y gel de ducha. Champú para cabellos débiles y con puntas abiertas, secos, grasos (con o sin caspa). Jabones neutros, aceites limpiadores, de hierbas o hidratantes. Desodorantes sin gas o en crema, perfumados e inodoros. En los últimos años el mercado de la higiene personal se ha multiplicado de forma exorbitante. Hace pocos años bastaba con unos pocos productos. Hoy existe una hiperespecialización y una diversidad de productos hechos a la medida de cada parte del cuerpo y de cada exigencia individual. Todos ellos presentan características comunes: el continuo reclamo a la no agresividad, al respeto por el equilibrio fisiólogico de la piel, a la utilización de sustancias naturales y ecológicas. Si hasta hace pocos años los ingredientes de jabones, dentífricos y desodorantes eran fundamentalmente químicos, la tendencia actual es recuperar las vitaminas, los extractos de hierbas o miel, el germen de trigo, la camomila. La publicidad se centra en los rasgos de delicadeza y de respeto a los procesos fisiológicos. El objetivo es recuperar el equilibrio con la Naturaleza, cada vez más identificado con nuestro bienestar psíquico y físico.

LIBROS

Georges Vigarello
Lo limpio y lo sucio. La higiene del cuerpo desde la Edad Media.
Alianza

Roger-Henri Guerrand
Las letrinas. Historia de la higiene urbana.
Edicions Alfons el Magnànim

LA FOTOSÍNTESIS ES EL PROCESO fundamental en la vida de las plantas verdes. Gracias a ella, utilizan la energía solar para sintetizar los carbohidratos (como la sacarosa y el almidón) a partir del anhídrido carbónico y del agua. De esta forma, la planta

La fotosíntesis

Observando las hojas de las plantas al microscopio, en las células se perciben unos elementos, llamados cloroplastos, en los que se encuentra la clorofila. El proceso completo de la fotosíntesis se realiza en su interior y, de esta forma, la energía solar permite a las plantas sintetizar los carbohidratos. Cuando la luz golpea a la clorofila presente en los cloroplastos, se produce una reacción químico-física que divide el agua en oxígeno, electrones e iones de hidrógeno. Los electrones permiten la síntesis del ATP (trifosfato de adenosina) y los iones de hidrógeno, la del $NADP^+$ (dinucleótido fosfato de nicotidamina y adenina). En esta fase, la energía luminosa se transforma en energía química, utilizada para captar el anhídrido carbónico presente en la atmósfera y para sintetizar azúcares y almidón. La velocidad del proceso de fotosíntesis está influenciada por el ambiente circundante, aumentando en función de la cantidad de luz. La concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera tiene el mismo comportamiento: dentro de un determinado valor, la velocidad de la fotosíntesis aumenta; pero cuando supera dicho nivel, permanece constante. La temperatura ideal para la fotosíntesis es de entre 30 y 40º C, de tal forma que si no hay una temperatura adecuada, aunque haya suficiente cantidad de anhídrido carbónico y de luz, la fotosíntesis no se realiza.
Los azúcares y el almidón no son los únicos productos de la fotosíntesis, también se sintetizan grasas y proteínas. Las plantas, sirviéndose de la fotosíntesis, gestionan sus funciones vitales.

recibe los elementos nutritivos que necesita. La clave del proceso reside en una sustancia llamada clorofila, que se encuentra en pequeños elementos de las células llamados cloroplastos. Los animales herbívoros sobreviven alimentándose de plantas, mientras que los carnívoros utilizan los principales nutrientes de la carne de los herbívoros. En definitiva, todas las formas vivas de la Tierra, incluido el hombre, viven gracias a la energía luminosa del Sol capturada a través de la foto-

Así fabrica la planta su alimento

La fotosíntesis se realiza en el interior de los cloroplastos que se encuentran en las células de las hojas. Las plantas se sirven de la energía solar para sintetizar los carbohidratos que necesitan para vivir. Los vegetales capturan el anhídrido carbónico de la atmósfera a través de las estomas y el agua mediante las raíces.

Gracias a la energía luminosa, del anhídrido carbónico y del agua surgen azúcares (glucosa) y almidón e, incluso, grasas y proteínas. Del agua consumida se desprende el oxígeno que es expulsado por la planta hacia la atmósfera.
El proceso completo puede realizarse con la siguiente ecuación química:

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{ENERGÍA LUMINOSA}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

anhídrido carbónico — agua — glucosa — oxígeno — agua

Oxígeno producido por la descomposición del agua

Tilacoides

Estroma

Cloroplasto

Agua absorbida por las raíces

Carbohidratos producidos por la fotosíntesis

Una molécula de glucosa y una de fructosa se unen formando una de sacarosa (azúcar común). Numerosas moléculas de glucosa, unidas en cadena, forman el almidón.

Monstruos de la pantalla. Hasta el próximo mes de enero se puede contemplar, en el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona, la exposición *La sonrisa del monstruo, un viaje fantástico*, que contiene una selección de los mejores *freaks* de la historia del cine.

Sección coordinada por Alberto Luchi

Robin Williams aprende a volar por amor

El amor es el más maravilloso de los sentimientos que el ser humano puede experimentar. Muchas de sus consecuencias son de sobra conocidas pero otras aún están por descubrir. Por ejemplo, la que sufre Chris Nielsen en la película *Más allá de los sueños*: se trata de un tipo de lo más normal que ama profundamente a su esposa y, para no separarse de ella bajo ningún concepto, tiene, ni más ni menos, que volar. Ésta es la premisa de la que parte un filme dirigido por Vincent Ward (cineasta neozelandés especializado en el género fantástico, como prueban sus anteriores realizaciones, *Vigil* o *The navigator*) y protagonizada por los oscarizados actores Robin Williams y Cuba Gooding Jr., a los que acompaña la italoamericana Annabella Sciorra.

Pero, para que una película con semejante argumento llegara a buen puerto, era imprescindible la labor de los encargados de efectos especiales, que fueron las compañías Pop Film y Digital Domain. Supervisadas por Joel Hynek, crearon el mundo (medio real, medio onírico) por el que transita el protagonista a lo largo de sus múltiples peripecias. Uno de sus principales cometidos fue diseñar el relieve del Glacier National Park –que Williams contempla mientras lo sobrevuela–, para lo que recurrieron a una nueva técnica, llamada Lidar, que combina la iluminación y el radar. Con los datos recogidos mediante su utilización, pudieron reconstruir una imagen en tres dimensiones, generada por ordenador, a partir de un escenario real marcado por globos de color naranja, que eran utilizados como referencia para escanear la acción.

La fiesta de los efectos especiales

Los efectos especiales son ya parte tan fundamental de la industria cinematográfica que tenía que llegar un certamen dedicado a ellos en exclusiva. Así que, del 2 al 6 de diciembre, se celebra, en los cines Kinépolis de Madrid, DFX'98, el primer Festival de Efectos Especiales y Digitales en España. Destinado principalmente a profesionales del sector, sus platos fuertes serán una exposición sobre la obra de Arthur Collin (creador de los simios de *2001, una odisea del espacio*) y una conferencia impartida por el rey de la materia en nuestro país, Reyes Abades, ganador de cinco Goyas. También se proyectarán algunas recientes producciones nacionales en las que los trucos visuales juegan un papel fundamental.

Quién era... George Eastman

Tal vez nos encontramos ante una de las personas cuyo apellido aparece con mayor frecuencia en los títulos de crédito, si bien es cierto que nunca lo hace solo, sino acompañado del estrambote color (Eastmancolor). Porque George Eastman (Waterville, Nueva York, 1854–Rochester, Nueva York, 1932) era un empleado de banca que siempre se mostró como un tremendo apasionado de la fotografía, trabajando primero sobre papel y posteriormente, sobre celuloide, que sería el soporte finalmente adoptado por el cine. Después de que Edison fijara la longitud de la película en 35 milímetros y la proporción entre el ancho y el alto en 4:3, Eastman emprendió la producción a gran escala, convirtiéndose en el mayor abastecedor de una industria balbuceante. Pero su labor no se limitó a eso, sino que también fue el responsable de la utilización del Kodachrome 16 mm y el súper 8 y el fundador de la Eastman House que, ubicada en la ciudad de Rochester, contiene uno de los archivos cinematográficos más importantes del mundo.

Bajo el control de la mente

Podrá encender el ordenador o abrir la puerta sin mover un solo dedo. En poco tiempo, los aparatos electrónicos obedecerán las órdenes que les dicte su mente. No se trata de telepatía: un pequeño chip implantado en el cuerpo permite controlar determinados objetos con el pensamiento

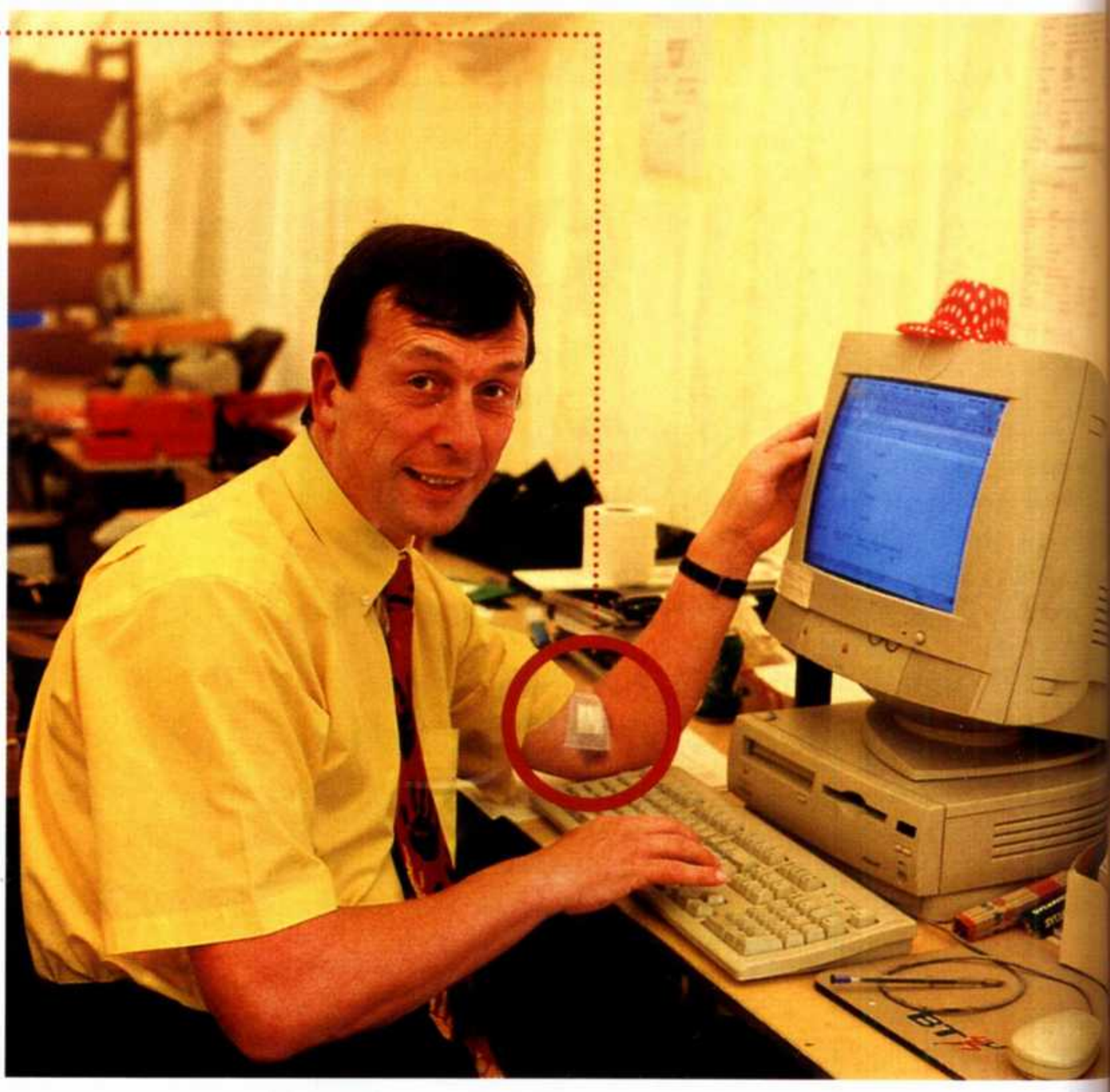
POR MARCO CAGNOTTI

Bajo la piel de Kevin Warwick, profesor de Cibernética en la Universidad de Edimburgo (Escocia), se esconde un microchip con el que pretende convertirse en una especie de *cyborg*, un híbrido entre hombre y máquina. Como muchos otros científicos antes que él, Warwick ha querido experimentar sobre sí mismo sus descubrimientos. Por medio de una anestesia local se ha hecho implantar en el brazo izquierdo una cápsula de vidrio de dos centímetros de largo que contiene un microprocesador. De esta forma podrá interactuar fácilmente con los dispositivos electrónicos que forman parte de su entorno.

Este chip de silicio abrirá las puertas, encenderá la televisión o el ordenador, activará los sistemas de alarma, desviará las llamadas telefónicas al aparato más cercano e incluso calentará el agua de la bañera. Y lo hará sin que el profesor tenga que mover un solo dedo: su presencia será suficiente. La explicación reside en ciertas aplicaciones de la tecnología, no muy distintas de las que uti-

continúa en pág. 110

EL *CYBORG* DEL FUTURO
Kevin Warwick (en la imagen), profesor de Cibernética en la Universidad de Edimburgo, se ha implantado en el brazo izquierdo (protegido por un esparadrapo) un microchip que le permite interactuar con los aparatos electrónicos. Puede, por ejemplo, abrir puertas o controlar el ordenador. En un futuro no muy lejano, como sostiene Warwick, los chips insertados en el cuerpo contendrán más datos y permitirán realizar una infinidad de operaciones sin esfuerzo físico.



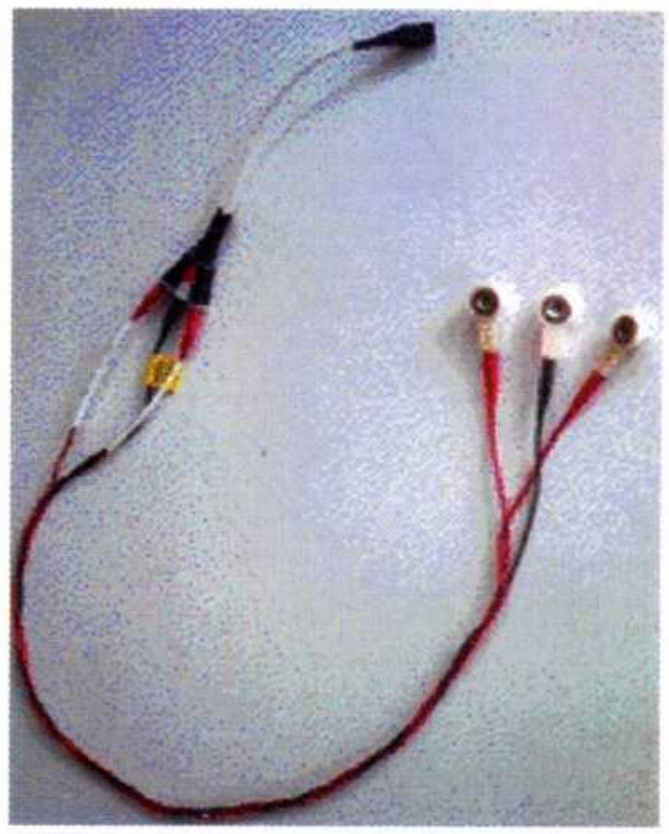
lizan los cajeros automáticos o los peajes de las autopistas. Pero Warwick llega mucho más lejos: «Dentro de cinco o seis años, los microprocesadores en el cuerpo humano recogerán información sobre los datos personales, bancarios, sanitarios y fiscales, y activarán complejas operaciones en casa y en el trabajo», afirma. «Tendrá aspectos positivos, puesto que la vida cotidiana será mucho más sencilla, pero también negativos, ya que con él nacerá también la posibilidad de un férreo control por parte de un *Gran Hermano*», vaticina.

▶ Comunicación directa

Mientras en Edimburgo se trabaja para crear un *cyborg*, el resto del mundo, que necesita utilizar todos los días la electrónica, se sigue enfrentando a sistemas operativos inestables, actualizaciones del *software* incompatibles y periféricos que parecen funcionar a su entero capricho. Y siempre con la ayuda del ratón o el teclado, que, a pesar de su utilidad, no resultan precisamente cómodos, aunque quien tenga que procesar información no pueda pasar sin ellos.

Muchas cosas han cambiado en los sistemas operativos. Hoy, las *interfaces* gráficas presentan su cara más amistosa al usuario. Repletas de ventanas, iconos y menús desplegables han dejado para el baúl de los recuerdos aquella época en que había que introducir incomprensibles caracteres para obtener una respuesta del ordenador.

Sin embargo, hay algo que no ha cambiado todavía: la forma en la que el ser humano se relaciona con los ordenadores. Por ahora, el chip subcutáneo de Warwick no es más que una curiosidad de laboratorio. Los usuarios aún necesitan ratón y teclado, tienen que seguir haciendo *clic* con el dedo si quieren abrir un archivo y están obligados a teclear la información para que ésta aparezca en pantalla. Pero algún día estas acciones serán historia. Quizá de aquí a 20 años, el ser humano se preguntará asombrado cómo pudo utilizar las manos para comunicarse con el ordenador. Porque la pró-



LA MÚSICA DE LA NATURALEZA
En esta foto se pueden apreciar los resultados obtenidos tras colocar un sensor especial desarrollado por IBVA a una planta. En la pantalla se observan sus reacciones ante los estímulos ambientales (por ejemplo, al ser regada). Si se procesan las señales, se pueden crear ondas sonoras a partir de ellas.

xima etapa hacia una *interfaz* más desarrollada pasa por la comunicación entre la mente y la máquina. ¿Telepatía? No se trata de nada esotérico, sino de algo muy sencillo. Lo que se pretende es detectar las señales que emite el cerebro y lograr que el ordenador las reconozca y las traduzca en acciones.

Esta nueva tecnología ya tiene nombre: Brain Computer Interfaz (BCI, o *Interfaz* informática del cerebro), pero entre los que trabajan en el proyecto se está imponiendo el término *wetware*, un neologismo que une los términos *software* y *hardware* con la palabra inglesa *wet*, que significa húmedo, como el estado en el que se encuentra el cerebro. A cada pensamiento, emoción o acción humana se corresponde, en efecto, una señal eléctrica de millones de neuronas coordinadas entre sí que se propaga dentro del cerebro.

Esta señal puede amplificarse con los aparatos adecuados. El más común de todos es el electroencefalograma (EEG) que se utiliza en los hospitales. Se ha observado desde hace tiempo que las ondas eléctricas cerebrales se presentan de forma distinta, y reconocible, en función del estado mental del individuo. Las ondas Delta tienen frecuencias comprendidas entre 0,5 y 4 ciclos por segundo (Hertz) y normalmente se producen durante el sueño profundo. Las ondas Theta se presentan durante un estado somnoliento con gran actividad mental, con frecuencias entre 4 y 8 Hertz. Las ondas Alfa oscilan entre 8 y 13 Hertz, y las produce el cerebro cuando el sujeto está despierto pero en estado de reposo. Finalmente, las ondas Beta se generan durante el estado de vigilia, cuando la concentración es elevada, con frecuencias entre 13 y 30 Hertz. Un electroencefalógrafo puede detectar todas estas ondas y, en función de la señal que recibe, asociarlas a un determinado interruptor.

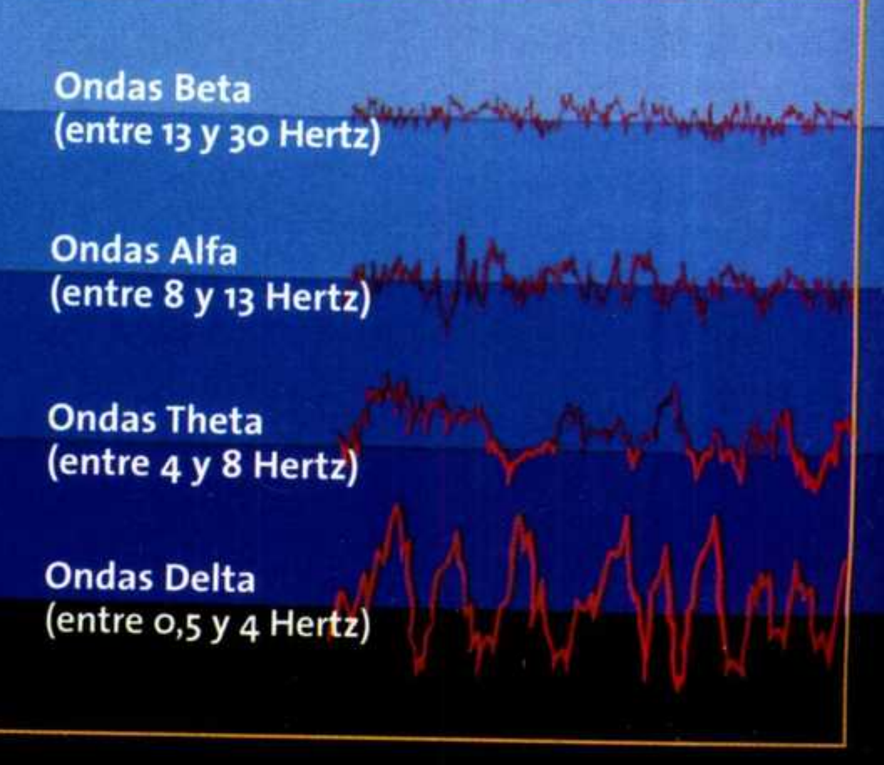
Cada pensamiento y emoción se corresponde con una señal eléctrica

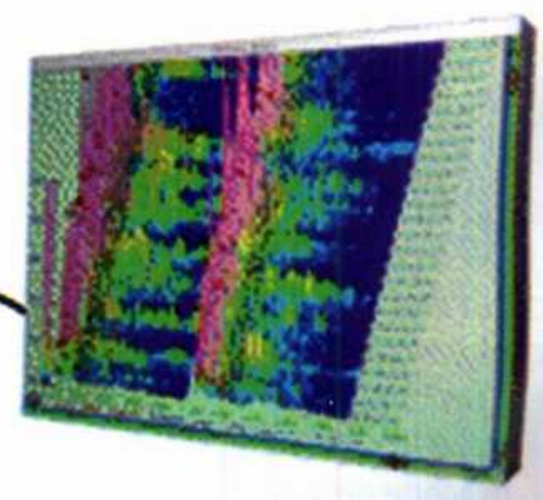
Hace dos años, un grupo de investigadores australianos demostró con pruebas concretas que de esta forma se pueden encender lámparas y aparatos eléctricos: basta con ejercitarse un poco. Modificando sus pensamientos, los voluntarios fueron capaces de encender un televisor y un ventilador, pusieron en marcha un pequeño robot y cambiaron la velocidad de un coche eléctrico en miniatura. Y todo ello, sin mandos a distancia ni *joysticks*.

Las aplicaciones de estas investigaciones son bastante obvias. Basta considerar las necesidades de las personas inválidas o discapacitadas, cuya vida resultaría mucho más sencilla si

continúa en pág. 112 →

JUGAR CON LAS ONDAS
El IBVA es un sistema que capta las ondas cerebrales, las amplifica y las transforma en impulsos eléctricos. Después, procesa estos datos digitalmente para la gestión de programas, videocámaras y otro tipo de dispositivos. Sólo hace falta colocar el amplificador en la cabeza del sujeto, conectar al ordenador los receptores de radio y después actuar, sin necesidad de cables, en un radio de nueve metros.





pudieran gestionar de forma automática los aparatos eléctricos que usan a diario. Dos neurocirujanos de la Universidad de Emory (Atlanta), Roy Bakay y Phillip Kennedy, implantaron un chip en el cerebro de un tetrapléjico incapaz de articular ningún sonido. La ciencia ha acabado con su silencio: el paciente se concentra, el chip transforma sus impulsos en órdenes y mueve el puntero del ratón señalando las palabras que desearía decir. El paciente –conocido como J.R.– tuvo problemas, al principio, para detener el envío de señales de su cerebro y el cursor del ordenador no se paraba, pero los científicos programaron una pausa que solucionó el problema.

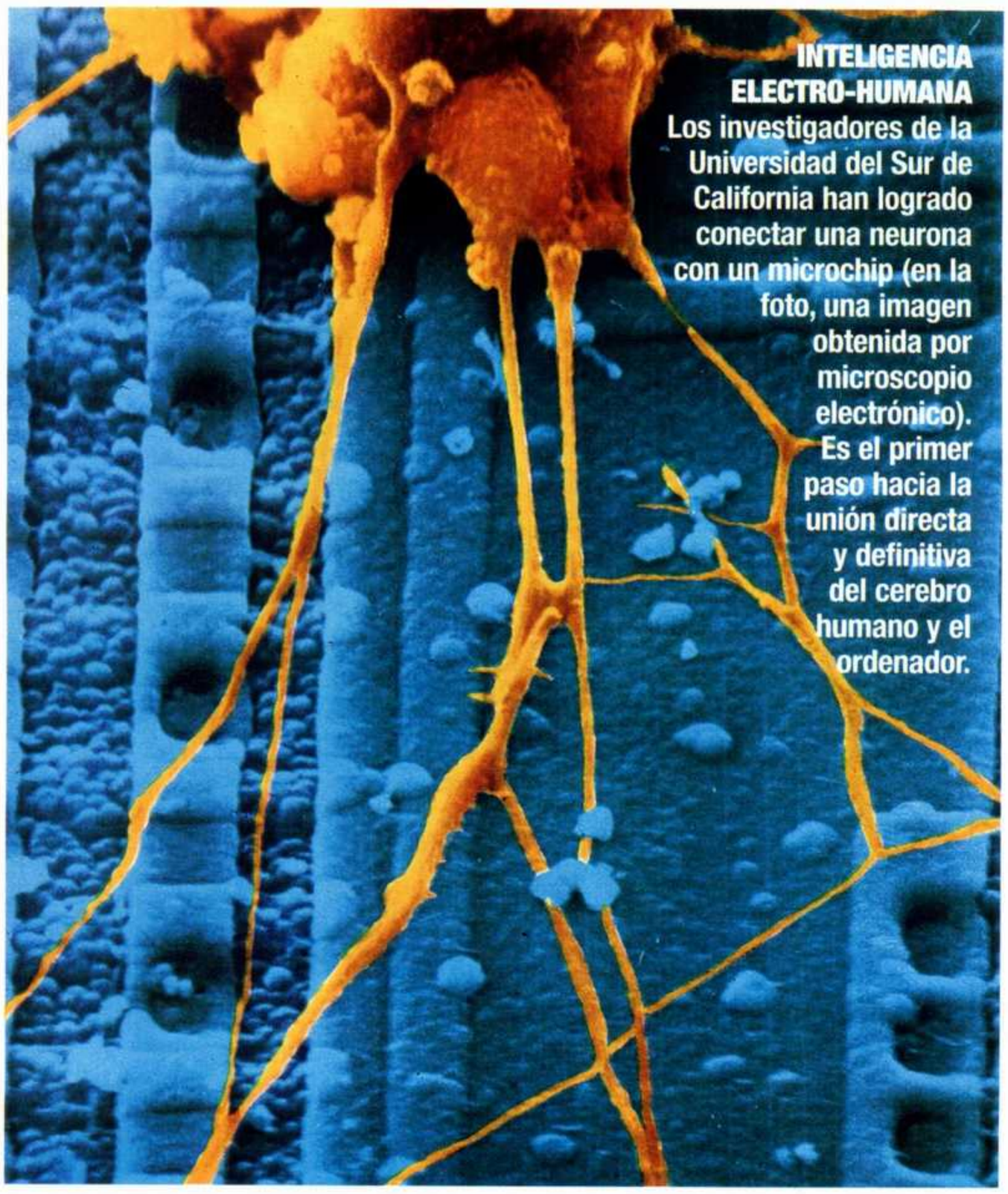
Un tetrapléjico mudo ha podido comunicarse gracias a este sistema

Los equipos de investigación bajo la dirección de Shiao-Lin Lin, de la Clínica Universitaria de Taiwan, y por Michio Inoue, de la Universidad de Tottori, en Japón, están trabajando de forma independiente para asociar a la compleja estructura del EEG pensamientos y actos voluntarios. Shiao-Lin Lin ha descubierto determinadas cotas de la actividad cerebral que preceden al desarrollo de una

continúa en pág. 114 →

Un chip en el cerebro: experimentos y riesgos

• **Cuando los personajes de los tebeos** tienen una idea genial, suele aparecer una bombilla encendida encima de su cabeza. La metáfora resulta acertada porque la actividad cerebral es, efectivamente, de tipo eléctrico: las neuronas se comunican entre sí mediante débiles descargas eléctricas, al igual que los transistores de los microchips. Por tanto, no es descabellado pensar que ambos sistemas puedan, en un futuro, comunicarse. Desde los años 50 se sabe que es posible modificar el comportamiento de los animales implantándoles electrodos en el cerebro y suministrándoles descargas eléctricas. Una descarga eléctrica que provoca sensaciones placenteras en las ratas consigue, incluso, que se olviden de comer. Si se lograra intercambiar señales eléctricas entre las neuronas y los transistores, se podría hacer creer a las células cerebrales que la señal recibida procede del organismo, cuando en realidad ha sido generada desde un ordenador. Un grupo de expertos en neurofisiología y en física de semiconductores de la Universidad del Sur de California, dirigido por Theodore Berger , trabaja en esta dirección. «Se construye un microchip que tenga una zona de conducción al descubierto», explica Berger, «y después se adhiere el metal a la neurona, de forma que puedan intercambiar entre sí las señales eléctricas». En la actualidad, los experimentos se desarrollan únicamente sobre tejidos aislados, y no sobre voluntarios, aunque el objetivo es conectar el ordenador y el cerebro humano sin tener que utilizar electroencefalogramas.



INTELIGENCIA ELECTRO-HUMANA Los investigadores de la Universidad del Sur de California han logrado conectar una neurona con un microchip (en la foto, una imagen obtenida por microscopio electrónico). Es el primer paso hacia la unión directa y definitiva del cerebro humano y el ordenador.

Estas investigaciones abren perspectivas muy prometedoras para los que sufren discapacidad motora y para quienes padecen trastornos neurológicos. Pero también se piensa que podrían potenciar las capacidades de las personas normales, una posibilidad que presenta aspectos inquietantes, no tanto por el hecho de que un dispositivo artificial entre a formar parte del organismo humano (de hecho, ya se hace de forma habitual con los marcapasos), sino porque en este caso se trata de manipular uno de los órganos más delicados del cuerpo, el cerebro, el creador de pensamientos y emociones. Esto plantea interrogantes éticos y prácticos (por ejemplo, la posible utilización de virus informáticos) que no deben ignorarse.

Y LA MÁQUINA DOMINÓ AL HOMBRE
Películas como *Johnny Mnemonic* dibujan un sombrío futuro para la humanidad, completamente dominada por la informática. En este título de 1995 el personaje de Keanu Reeves (izquierda) presta su cerebro para transportar información secreta, a riesgo de perder su propia memoria.

acción, mientras que Inoue ha catalogado formas particulares de la señal eléctrica y las ha asociado a palabras. Así, ha logrado que un ordenador aprenda algunas palabras de forma que, cuando un sujeto conectado al EGG las piensa, éstas aparecen en el monitor.

En la Universidad Politécnica de Graz, en Austria, Gert Pfurtscheller pidió a algunos voluntarios que repitieran durante horas un mismo acto, de forma que el ordenador aprendiera a reconocer el correspondiente EEG asociado a ese gesto, e incluso pudiera anticiparse al mismo. El ingeniero austriaco pretende así poder ayudar a las personas paralizadas por lesiones en la médula espinal, que ni siquiera pueden pulsar un interruptor. En un futuro más lejano, Pfurtscheller prevé el desarrollo de estimuladores electromusculares que sustituyan a los impulsos nerviosos interrumpidos. Tras reconocer la intención de ejecutar un acto motor concreto, estos dispositivos permitirían a las personas discapacitadas realizarlos.

Entre ciencia y ficción

'Cyberpunk', casi una profecía

• **Los ojos están entornados** y el cuerpo inmóvil. El sujeto parece sufrir un estado catatónico, pero la explicación es muy diferente. La actividad de su cerebro está controlada por un microchip insertado en su cabeza. Una corriente de bits comunica su mente con el ordenador. A su alrededor, el caos domina el mundo: el poder está en manos de multinacionales de la informática, las drogas son legales, la población está diezmada por enfermedades letales y las ciudades, degradadas y contaminadas. Y, sin embargo, la tecnología controla el planeta: en cualquier rincón se puede conectar el cerebro a la red informática mundial, poblada de inteligencia artificial en libre circulación. Así vieron el futuro los autores de ciencia-ficción *cyberpunk* (entre los que cabe destacar William Gibson y Bruce Sterling), una corriente literaria surgida en Estados Unidos que tuvo su mayor auge a mediados de los 80. La reciente y amplia difusión de Internet se ha interpretado como una realización concreta de las pesimistas previsiones de estos escritores, y ha reavivado la curiosidad y el interés por sus obras.

▶ Aplicaciones militares

Tampoco los militares han querido quedarse al margen de estas investigaciones. Quien haya visto la película *Firefox*, dirigida por Clint Eastwood, recordará el avión que podía ser pilotado por medio de la conexión entre el ordenador de a bordo y el cerebro del piloto. En la base área Wright Patterson de Dayton, en Estados Unidos, sucede algo similar. Los pilotos pueden controlar un simulador de vuelo mediante órdenes cerebrales. Sin embargo, sólo se obtienen movimientos simples, al menos por el momento.

La tecnología de las *interfaces* mentales ha empezado a abandonar los laboratorios y centros de investigación para aparecer en el mercado. The Other 90% Technologies es una empresa estadounidense que debe su nombre al potencial del cerebro humano que normalmente no se utiliza. Esta compañía se encarga de producir el *MindDrive*, un sensor que se ajusta al dedo y que es capaz de notar las modifica-

ciones de las propiedades de la piel en relación a determinados estados mentales. Conectado a un ordenador, el *MindDrive* permite modificar las imágenes que aparecen en pantalla, activar programas y jugar con videojuegos con sólo cambiar de pensamiento.

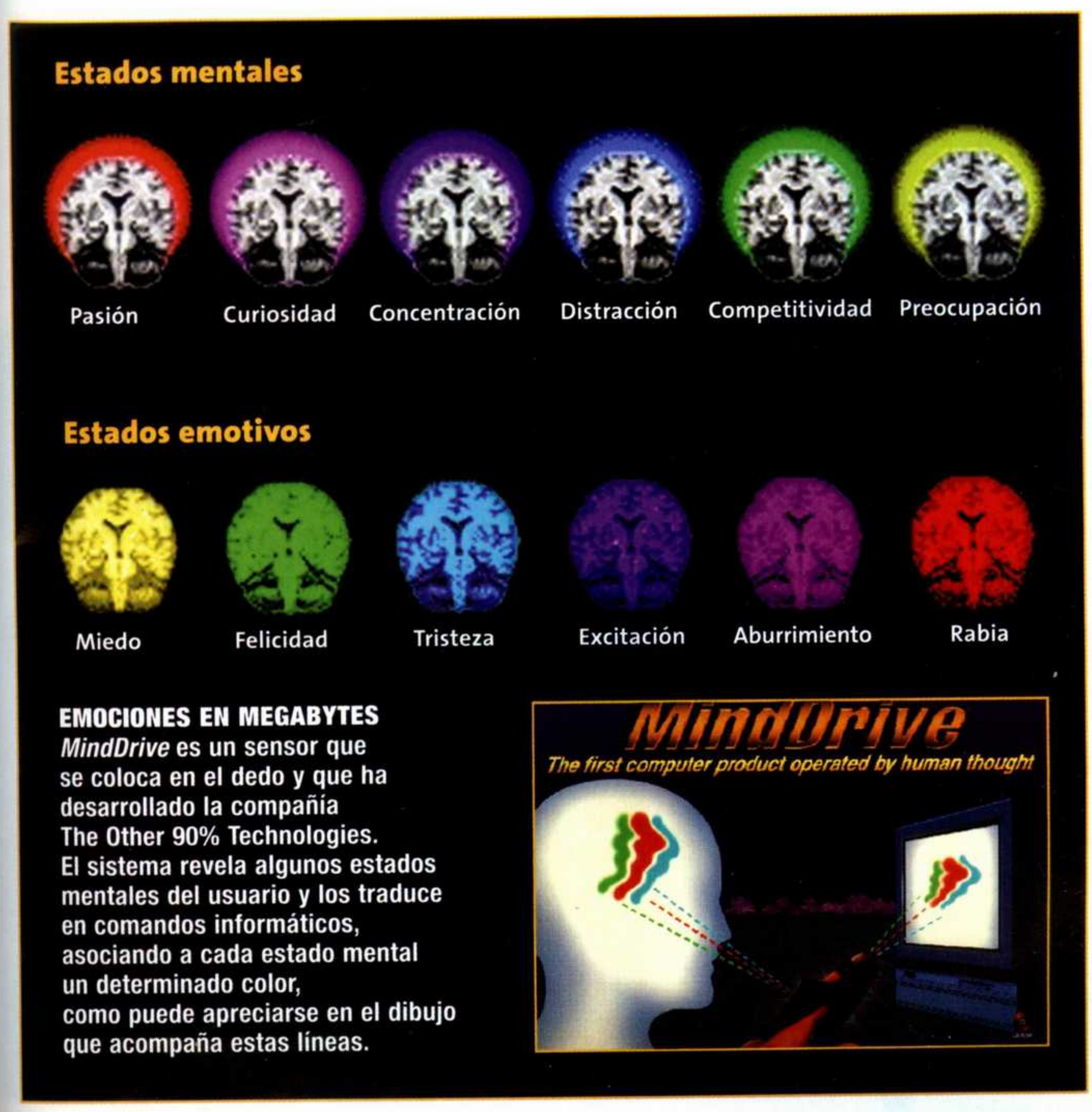
Por su parte, la IBVA Technologies de Nueva York ha desarrollado el *Interactive Brianware Visual Analyzer* (Analizador visual de ondas cerebrales interactivas), un electroencefalógrafo con los oportunos programas de apoyo que, conectado al ordenador, representa en pantalla las señales que recibe en forma de gráficos de dos y tres dimensiones. Las ondas cerebrales pueden después utilizarse para divertirse con videojuegos y programas educativos, para modificar mundos virtuales, para interactuar con un vídeo digital o para crear música.

Un chip implantado en el cerebro transmitirá órdenes a las máquinas

Lógicamente, también pueden emplearse para controlar aparatos eléctricos, algo de lo que ya se sirven algunos grupos de rock, que utilizan el IBVA para gestionar al mismo tiempo la producción sonora y la iluminación durante los conciertos. Acoplado al coche, este ingenio electrónico puede revelar el estado mental del conductor y, en caso de embriaguez o somnolencia, activar una alarma o detener por completo el vehículo. Además, reconoce las ondas cerebrales características del estrés y, al entrar en una habitación, es capaz de regular la luz y la música de fondo para lograr un efecto relajante. A pesar de los éxitos obtenidos hasta ahora, la tecnología de la *interfaz* mental presenta todavía algunas limitaciones. No se trata, en efecto, de un auténtico control del ordenador por medio del pensamiento, como si se estableciese telepatía entre el hombre y la máquina. No basta con pensar 'ábrete' para que las puertas obedezcan, ni tampoco con pensar en la letra 'a' para que aparezca escrita en la pantalla del ordenador. Estos resultados, si bien posibles *a priori*, están todavía muy lejos de conseguirse. Lo que tiene más posibilidades de hacerse realidad es la conexión directa del cerebro por medio de sus células nerviosas con los dispositivos electrónicos, como profetizaron en su momento los escritores de cienciaficción del *cyberpunk*. Éste es el camino que trata de seguir Warwick en su laboratorio de Edimburgo.

Pero, como es obvio, los riesgos son muchos: una cosa es hacer un electroencefalograma a un voluntario, y otra muy distinta practicar una neurocirugía de dudoso éxito. No es casualidad que se haya hecho implantar el microchip en el brazo y no en la cabeza.

Hoy, un ordenador sin pantalla, teclado y ratón se considera un retraso tecnológico, pero dentro de 20 años puede suceder todo lo contrario: los armatostes que hoy abarrotan las mesas de trabajo serán un indicio de desfase. El monitor desaparecerá y su lugar lo ocuparán gafas superligeras especiales en las que se proyectarán las imágenes. Tampoco habrá que utilizar las manos: para comunicarse con el ordenador, bastará implantarse un microchip en la cabeza, como en la película *Johnny Mnemonic*. Sólo cabe esperar que el cerebro humano no se convierta, cuando esto ocurra, en un sim-



EMOCIONES EN MEGABYTES
MindDrive es un sensor que se coloca en el dedo y que ha desarrollado la compañía The Other 90% Technologies. El sistema revela algunos estados mentales del usuario y los traduce en comandos informáticos, asociando a cada estado mental un determinado color, como puede apreciarse en el dibujo que acompaña estas líneas.

INTERNET

@ http://www.ibva.com/
@ http://www.other90.com/

DESPEGA EL DVD. La mayoría de fabricantes de ordenadores incorporan el DVD-Rom en sus nuevos equipos. Sus ventajas: tiene una capacidad ocho veces mayor que el Cd-Rom, lo que permite grabar películas en este formato, y es unas nueve veces más rápido.

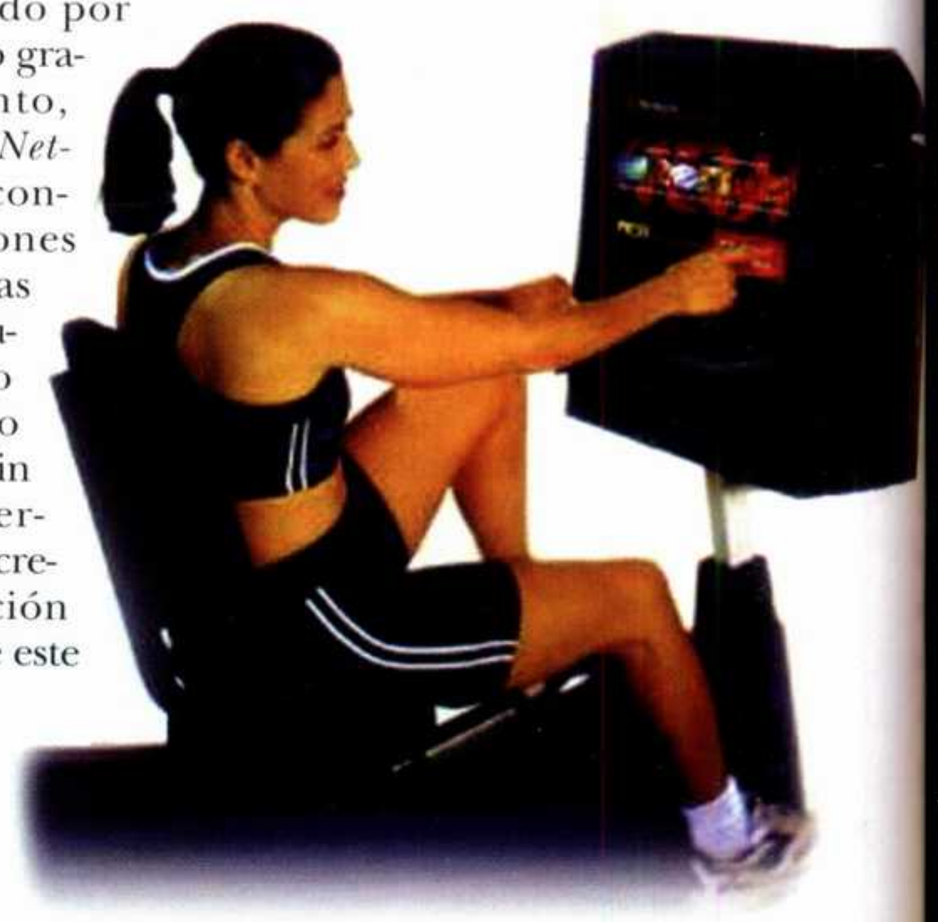
SECCIÓN COORDINADA POR ALBERTO DE LAS FUENTES

El Cd que se lleva en la muñeca

El futuro, en el sector de la electrónica, pasa por desarrollar los aparatos en miniatura. Al menos es en esta dirección hacia donde se dirigen los esfuerzos de Panasonic, uno de los grandes monstruos del sector de la electrónica en Japón. Su última novedad se llama SJ-SW9MD, siglas detrás de las que se esconde el lector de minidiscos más pequeño del mundo. Gracias a una tecnología especial con titanio, que ha reducido al mínimo las dimensiones de la unidad de lectura, el aparato se lleva sujeto a la muñeca como si fuese un reloj, lo que permite escuchar nuestra música favorita en cualquier situación, incluso cuando se practica algún deporte. Un mecanismo especial, el Shock-Wave, garantiza la estabilidad del mecanismo en caso de movimientos bruscos. Por el momento sólo se vende en Japón y en los Estados Unidos con un precio cercano a las 50.000 pesetas.

Para estar en forma conectado a Internet

Último grito en los gimnasios de Nueva York: mientras usted corre kilómetros y kilómetros en la cinta transportadora o pedalea en la bicicleta emulando a Indurain, puede estar al tanto de lo que ocurre en el resto del mundo, navegando por Internet. Todo ello gracias a este invento, conocido como *Netpulse*. Así, podrá controlar sus inversiones financieras, leer las últimas noticias ocurridas en el mundo o contestar su correo electrónico. Todo sin dejar de hacer ejercicio. Incluso se ha creado una competición para los usuarios de este artefacto. Como asegura el director del Cathedral Hill Plaza Athletic Club: «Este producto es tan popular que los miembros de mi gimnasio están a punto de dejar su sangre sobre él». Para conseguir una mayor información puede visitar la dirección de Internet http://www.netpulse.com/



Las gafas fantásticas

Quiere ver una película de video sin molestar –ni que le molesten– al resto de habitantes de la casa? Pues ya puede ponerse a ello con estas gafas de Sony con auriculares incluidos. Es más, pronto empezarán a popularizarse las películas en DVD. Y entonces podrá ir con su video portátil en el autobús o el metro pasando su tiempo con el soldado Ryan, Supermán o la rana Gustavo, por poner algún ejemplo. También sirven para que quienes están filmando con una cámara puedan ver directamente lo que están grabando. Estas gafas reproducen el mismo efecto que si se viera una pantalla de 52 pulgadas y están hechas con una estructura de magnesio. El único problema es que cada vez nos aislaremos más en nosotros mismos: si ya casi ni hablamos con la gente que nos rodea, pronto ni nos veremos. Estas futuristas gafas –su nombre comercial es *Glasstrom*– se venderán en España antes de Navidad y su precio será de unas 140.000 pesetas.

Escriba a mano y archívelo en el ordenador

Otro producto futurista: este bolígrafo entiende nuestra letra cuando escribimos sobre un papel. Luego la convierte en tipos y la traslada, tal cual, a nuestro ordenador. O a una impresora, un teléfono móvil, o un módem. El *SmartQuill* es un bolígrafo electrónico desarrollado por British Telecom. El objeto, con apariencia de tintero que aparece en la foto, es el transmisor de datos. Con sólo dejar el bolígrafo apoyado en él, se pasa la información que ha ido acumulando. *SmartQuill* puede suponer una revolución que acabe con los teclados. Al menos hasta que los programas de reconocimiento de voz sean totalmente funcionales. Además, puede servir como elemento de seguridad. Para acceder al disco duro del ordenador, o para ordenar una compra por Internet, será necesario firmar con este aparato. Si quien lo empuña no es su dueño, la presión será diferente y lo reconocerá. El *SmartQuill* se encontrará disponible en las tiendas en un par de años y su precio rondará las 50.000 pesetas. Para más información, teclee http://www.innovate.bt.com/showcase/smartquill/

En letargo para vivir

Los misterios del largo sueño invernal de algunos animales comienzan a desvelarse con el descubrimiento de una nueva proteína. La posibilidad de aplicar este mecanismo al ser humano se acerca, pero sus efectos son todavía una incógnita

POR NOBUAKI KONDO

En 1911, el psiquiatra de Zurich Jaciob Klaesi, retomando los estudios del italiano G. Epifanio, propuso curar algunas enfermedades provocando en los pacientes un largo sueño (narcoterapia). Hoy, casi 100 años más tarde y a miles de kilómetros de distancia, un descubrimiento podría abrir nuevos caminos a la investigación médica. El artífice es la Proteína de la Hibernación (HP), responsable de la entrada en letargo de los animales y descubierta en Japón por Nobuaki Kondo y su equipo, quienes, desde hace años, estudian la vida y el comportamiento de las ardillas. ¿Qué es científicamente el letargo? ¿Qué papel desempeña en los animales? ¿Habría posibilidades de provocar el letargo en el ser humano de la misma manera que se le induce al sueño? ¿Qué ventajas se obtendrían?
Nobuaki Kondo, responsable del laboratorio del letargo controlado de la Academia de la Ciencia y la Tecnología de Kanagawa, explica todas estas cuestiones a Newton.

UNA NANA EN EL BOSQUE
El letargo es un sistema de adaptación que permite a algunos animales de sangre caliente sobrevivir a temperaturas extremas. Si fuera posible inducir de manera artificial este mecanismo al ser humano, podrían curarse enfermedades degenerativas y hacer largos viajes espaciales.

El letargo constituye una espléndida fórmula de adaptación con la que los animales sobreviven durante meses al empeoramiento de las condiciones ambientales. Cuando los mecanismos que provocan el largo sueño en las ardillas estén totalmente aclarados, podrán ser aplicados al letargo artificial del ser humano. Si en el futuro se hiciera posible provocar el letargo de la misma forma en la que actualmente se induce al sueño, el metabolismo del cuerpo humano se podría controlar de una forma excepcional y las ventajas que podríamos obtener serían muchísimas. Durante el letargo, el cuerpo humano envejece muy lentamente y se retrasa el desarrollo de varias enfermedades.
Este sistema permitiría el perfeccionamiento de las medicinas que curan, por ejemplo, las enfermedades degenerativas. Las investigaciones realizadas han demostrado que, durante el letargo, se produce una inhibición en el desarrollo de los tumores malignos, difícilmente surgen infecciones producidas por bacterias, disminuyen los daños causados

continúa en pág. 120 →

En estado de letargo, el organismo envejece más lentamente y se vuelve más resistente a los virus

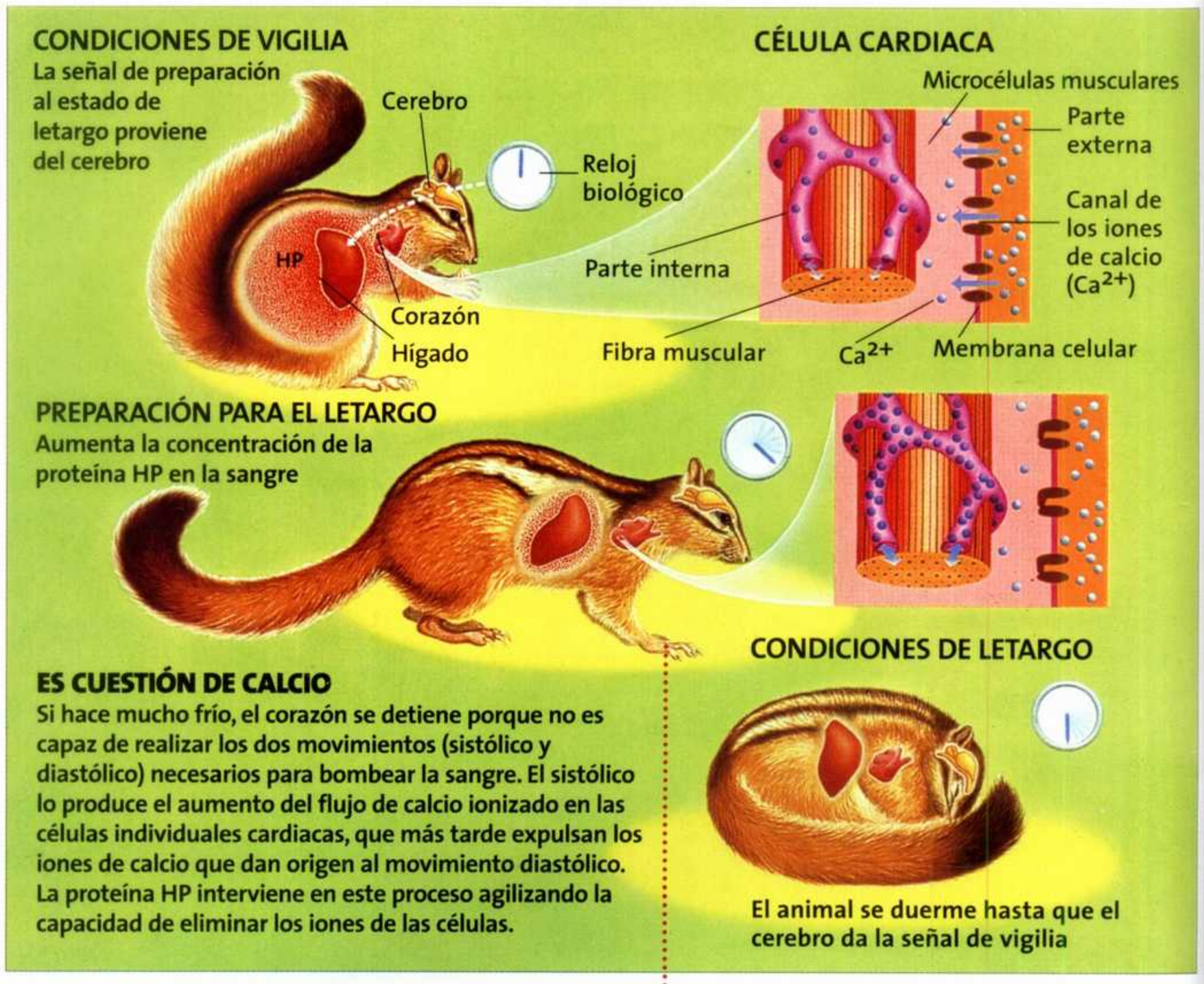
por las exposiciones a radiaciones y, además, el bajo flujo sanguíneo preserva al cerebro de posibles lesiones.

▶ En la cámara de invierno

En un ángulo del laboratorio hemos construido una habitación en la que se mantiene constantemente una temperatura de cinco grados centígrados. Es la *cámara del invierno artificial*, donde viven durante años más de una docena de ardillas, a una temperatura corporal próxima a cero grados centígrados. Las ardillas que entran en letargo invernal regulan su temperatura corporal como si tuvieran un termostato interno, reduciendo los 37ºC de su estado de actividad normal.

Al cabo de un corto periodo (entre una semana y 10 días), las ardillas interrumpen su sueño durante algunas horas antes de emprender de nuevo el letargo, y continúan a este ritmo durante una larga etapa que varía de cuatro a seis meses. Sin embargo, en situaciones de peligro mortal, pueden interrumpir el letargo y recuperar la temperatura normal en casi una hora (de cero a 30ºC). La capacidad de volver a la temperatura de vigilia sin sufrir ningún daño es maravillosa. El ser humano es incapaz de restablecer por sí mismo su temperatura corporal a valores normales si ésta ha descendido por debajo de los 30ºC y puede sufrir daños irreversibles en sus órganos y tejidos si su temperatura corporal se mantiene durante más de una hora a 20ºC. Durante el periodo de letargo, el organismo de las ardillas se regula mediante biorritmos diferentes a los del estado de vigilia. Todas las actividades vitales parecen detenerse. Sin embargo, el sistema nervioso responde de una manera normal a los estímulos del exterior. La frecuencia cardiaca también desciende (de 450 pulsaciones por minuto en actividad normal a pocas durante el letargo) pero el corazón continúa latiendo. En su fisiología, el mecanismo que permite la expansión y la contracción cardiaca (diástole y sístole) es el mismo, tanto para los animales que caen en letargo como para el hombre. Entonces, ¿por qué el corazón de mamíferos como el hombre, poco resistentes a las bajas temperaturas, no puede funcionar en condiciones de letargo? Se ha descubierto que, mientras dura este estado, el corazón demuestra una excepcional capacidad para expulsar iones de calcio. Si antes se pensaba que esta alteración de la actividad cardiaca era una especie de sistema de defensa de los tejidos débiles ante las bajas temperaturas, estudios posteriores han aclarado que estas alteraciones no son un resultado del letargo sino que se producen como preparación al mismo. De hecho, ya antes del letargo, el organismo de las ardillas sufre una serie de cambios químicos debidos a varios factores. Se ha encontrado una proteína de la sangre, bautizada como HP, que puede ser considerada como el primero de estos factores. De hecho, la HP está presente sólo en los animales letárgicos y su pre-

La temperatura del cuerpo humano no puede bajar de 20°C.



CUANDO LA HORA X LLEGA AL CEREBRO
El letargo de las ardillas dura de cuatro a seis meses. El mecanismo se pone en marcha gracias a un impulso del cerebro que ordena al hígado la producción de la proteína HP.

La opinión del experto

«La tolerancia a la quimioterapia es mayor durante el sueño»

● ¿Es posible inducir el letargo en el ser humano? ¿Qué aplicaciones podría tener el letargo en Medicina? ¿En qué se diferencia del sueño? ¿Por qué los habitantes de las regiones árticas no pueden experimentar un largo sueño en invierno?
Para responder a estos interrogantes, *Newton* ha entrevistado al Dr. Luis Domínguez Ortega (en la foto), director de la Unidad de Sueño de la Clínica Ruber de Madrid.

● ¿Cómo juzga la posibilidad de inducir el letargo en el hombre y qué ventajas terapéuticas se obtendrían?
Algunos animales utilizan biológicamente el letargo por razones lógicas: después de las comidas, en los periodos de hibernación cuando se producen cambios térmicos o en el paso de gusano a mariposa. El frío disminuye en alguna medida la actividad biológica y, por lo tanto, ralentiza las funciones. Se usa fundamentalmente en cirugías que manejan órganos vitales muy importantes como el corazón o el cerebro. ¿Que el letargo como tal pueda ser empleado? A mí me parece que es opinar sobre algo de ciencia ficción. En el hombre se dan unos estadios, el sueño, la vigilia, un estado hipnótico y otro patológico, del estupor al coma, en los cuales la persona altera su conciencia, pero por una modificación del nivel cerebral. Nunca hay letargo, porque el letargo en principio supondría mantener las funciones al ralentí. El frío se utiliza en cirugía, pero no sé si esto va a tener mucha más utilidad, salvo para situaciones especiales, por ejemplo en tumores, en las que el retrasar el crecimiento de las células puede ser útil.

● ¿Sería posible una disminución de la temperatura corporal en el hombre similar a la de los animales letárgicos?
Yo creo que es imposible. En cirugía cardiaca se bajan mucho las temperaturas, no sé si exactamente como algún animal. El frío, cuando no se producen fenómenos de cristalización, es práctico. Cuando se tolera y está en límites aceptables, se utiliza en cirugía porque disminuye el consumo de oxígeno y una serie de funciones elementales.

En el caso de que fuera posible provocar el letargo, ¿qué otras aplicaciones podría tener?
El letargo de los tumores quizá podría suponer el uso de fármacos cuya actuación está en función de la fase en la que se encuentre el crecimiento celular. Pero es hablar de algo así como una bola de cristal. La quimioterapia provoca unos efectos desagradables en los pacientes, como el hecho de vomitar, porque las sustancias que aplicamos son agresivas. En un estudio que hemos realizado (*Sleep Protects against Chemotherapy Induced Emesis*), demostramos que bastaría con que aplicásemos la quimioterapia en las personas no ya en letargo, sino mientras duermen, para que su tolerancia fuera mucho mayor, porque el sueño modifica, en alguna medida, las funciones biológicas normales.

● Pero en este tipo de prácticas se podría hablar de sueño, no de letargo...
El letargo hace que el organismo funcione de forma más lenta; en cambio, el sueño es una función diferente, necesaria y reparadora, sin la que no se puede vivir. Hace ya muchos años que se van criopreservando personas en el momento de su muerte. La mejor forma de conservar el semen o las gestaciones *in vitro* es por congelación. Si se puede hacer con células, en algún momento se podrá hacer también con seres humanos. Hace años, nadie creía que pudiésemos ver la televisión o realizar operaciones cerebrales como se hacen hoy. La capacidad del saber humano está por encima de lo que a veces es posible imaginar.

● ¿La tendencia a dormir más cuando hace mucho frío podría ser considerada como una forma ligera de letargo?
Yo creo que no. El sueño tiene unas relaciones con la temperatura, pero de ahí a pensar que bajando mucho la temperatura vamos a tener un sueño más largo y mejor, es poco probable.

Ana Goñi

sencia aumenta una vez al año, precediendo al letargo. Con el desarrollo de las investigaciones sobre la HP, se responderá a las incógnitas sobre los sistemas de control del letargo.

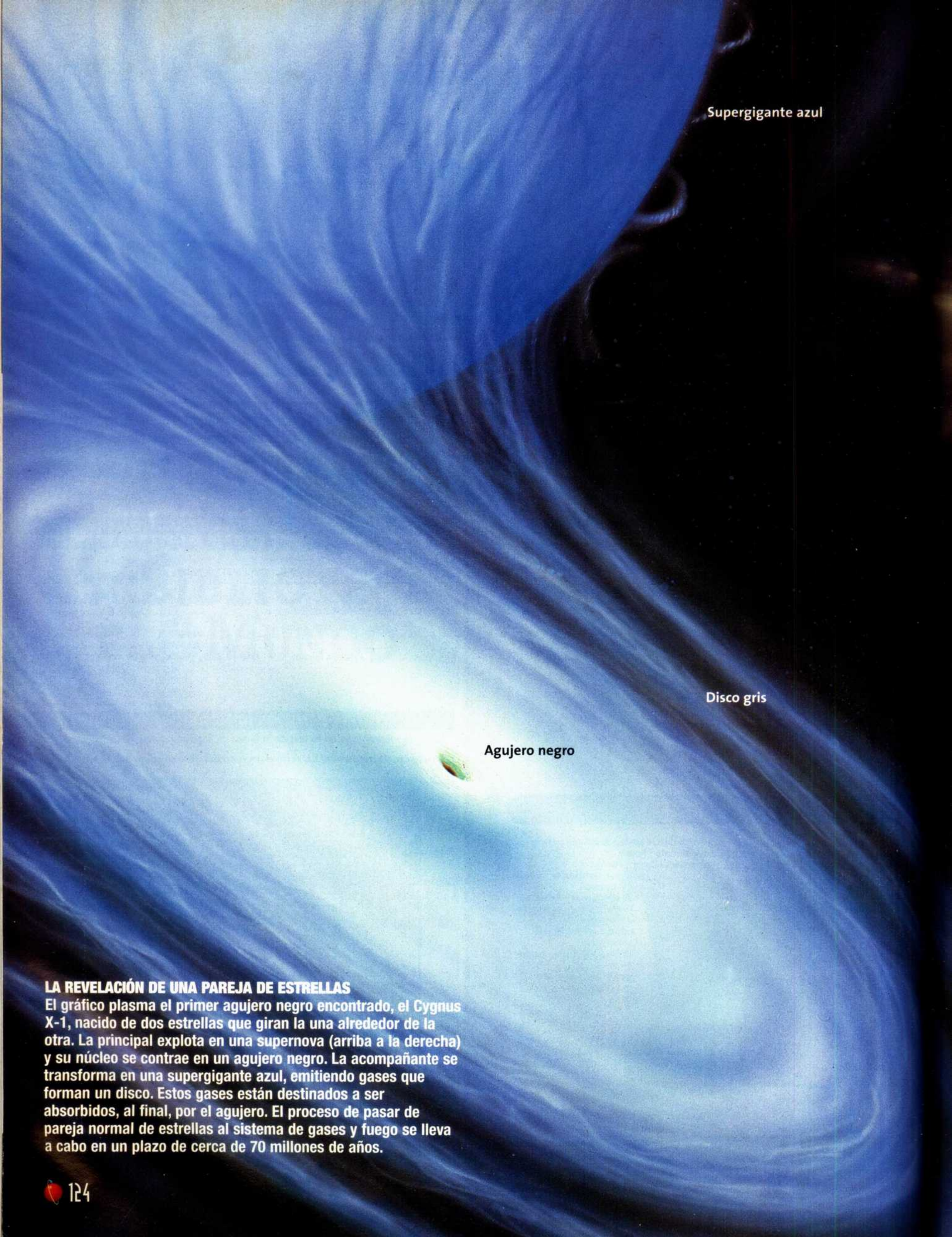
▶ Las ventajas en el hombre

El letargo de un animal de grandes dimensiones como el oso aporta mucho en favor de la posibilidad de aplicar las técnicas de letargo artificial al hombre. Desde los años 50 se vienen realizando estudios para comprobar si otros mamíferos pueden tolerar descensos de temperatura iguales a los de los animales letárgicos. En el ser humano se ha llegado a límites cercanos a los 20ºC.
Aún así es difícil garantizar un nivel suficiente de seguridad. Se corre el riesgo de dañar irreversiblemente el organismo, porque se trata de un descenso de la temperatura obtenido de forma mecánica, algo totalmente diferente al letargo, en el que las funciones vitales se mantienen. Si se encontrasen métodos seguros de supervivencia a bajas temperaturas, éstos tendrían muchas utilidades: aplicar anestesia a bajas temperaturas, limitar los efectos de los tratamientos de enfermedades degenerativas o, en el futuro, permitir a los astronautas realizar viajes de larga duración.

LIBROS

G. Buela-Casal, J. D. Navarro
Avances en la investigación del sueño
Ed. Siglo XXI

** Ante la insistente demanda de muchos de nuestros lectores que no pudieron conseguir el Nº O de Newton, una edición especial realizada para coleccionistas, reproducimos este mes el tema titulado 'En letargo para vivir', uno de los publicados en el número de presentación. En lo sucesivo se irán publicando otros temas de esa edición especial de Newton.*



LA REVELACIÓN DE UNA PAREJA DE ESTRELLAS
El gráfico plasma el primer agujero negro encontrado, el Cygnus X-1, nacido de dos estrellas que giran la una alrededor de la otra. La principal explota en una supernova (arriba a la derecha) y su núcleo se contrae en un agujero negro. La acompañante se transforma en una supergigante azul, emitiendo gases que forman un disco. Estos gases están destinados a ser absorbidos, al final, por el agujero. El proceso de pasar de pareja normal de estrellas al sistema de gases y fuego se lleva a cabo en un plazo de cerca de 70 millones de años.

Los ladrones del universo

Explosión de la supernova

Se tragan todo lo que encuentran en su radio de acción, incluida la luz. Invisibles a la observación directa, los agujeros negros se conocen gracias a las radiaciones que emiten los gases que están a punto de ser engullidos por ellos. Pero, ¿qué son?, ¿cómo nacen?, ¿dónde se encuentran?, ¿qué fenómenos provocan en el cosmos? y, por último, ¿qué pasaría si fueran atravesados por una nave espacial para desembarcar en su lado menos conocido?

POR LITA SANTOCANALE RIGGIO

Si el universo fuese una enorme bañera, los agujeros negros serían su desagüe. Un vértice violentísimo, imposible de ver, donde la gravedad es tan fuerte que chupa todo lo que encuentra y lo conduce a una prisión misteriosa de la que nada, ni siquiera la luz, consigue escapar. Un gran devorador que crece cada vez que engulle materia y la *tritura* en su interior.

La comparación con la bañera puede ser adecuada para explicar este insólito fenómeno. Los tubos del agua serían la única vía a través de la cual individuos microscópicos podrían pasar de su bañera a la de la casa de enfrente. Del mismo modo, los agujeros negros constituyen el único medio de comunicación y transporte entre nuestro universo y los demás innumerables universos cuya existencia hoy se supone. En un agujero de este tipo, las leyes de la física no tienen sentido alguno. La orla que le rodea es el punto del no retorno y los gases que van a ser engullidos lanzan potentísimos rayos X como un último y desesperado mensaje, antes de ser aniquilados. Precisamente por este hecho se conocen los agujeros negros.

El físico John Archibald Wheeler, uno de los principales estudiosos de los agujeros negros, a los que él mismo puso el nombre en 1967, los compara con el gato que, en *Alicia en el país de las maravillas*, desaparece dejando sólo su sonrisa. De la misma manera se puede comenzar la búsqueda de estos ladrones, en el universo de las maravillas, guiados por la sonrisa de la atracción gravitacional, única huella de las estrellas colapsadas en un agujero negro o devoradas por otros agujeros negros.

El agujero negro es el hilo de Ariadna que nos conduce en un viaje a través de un número ilimitado de universos sin confines, más allá de nuestros conceptos de espacio y de tiempo.

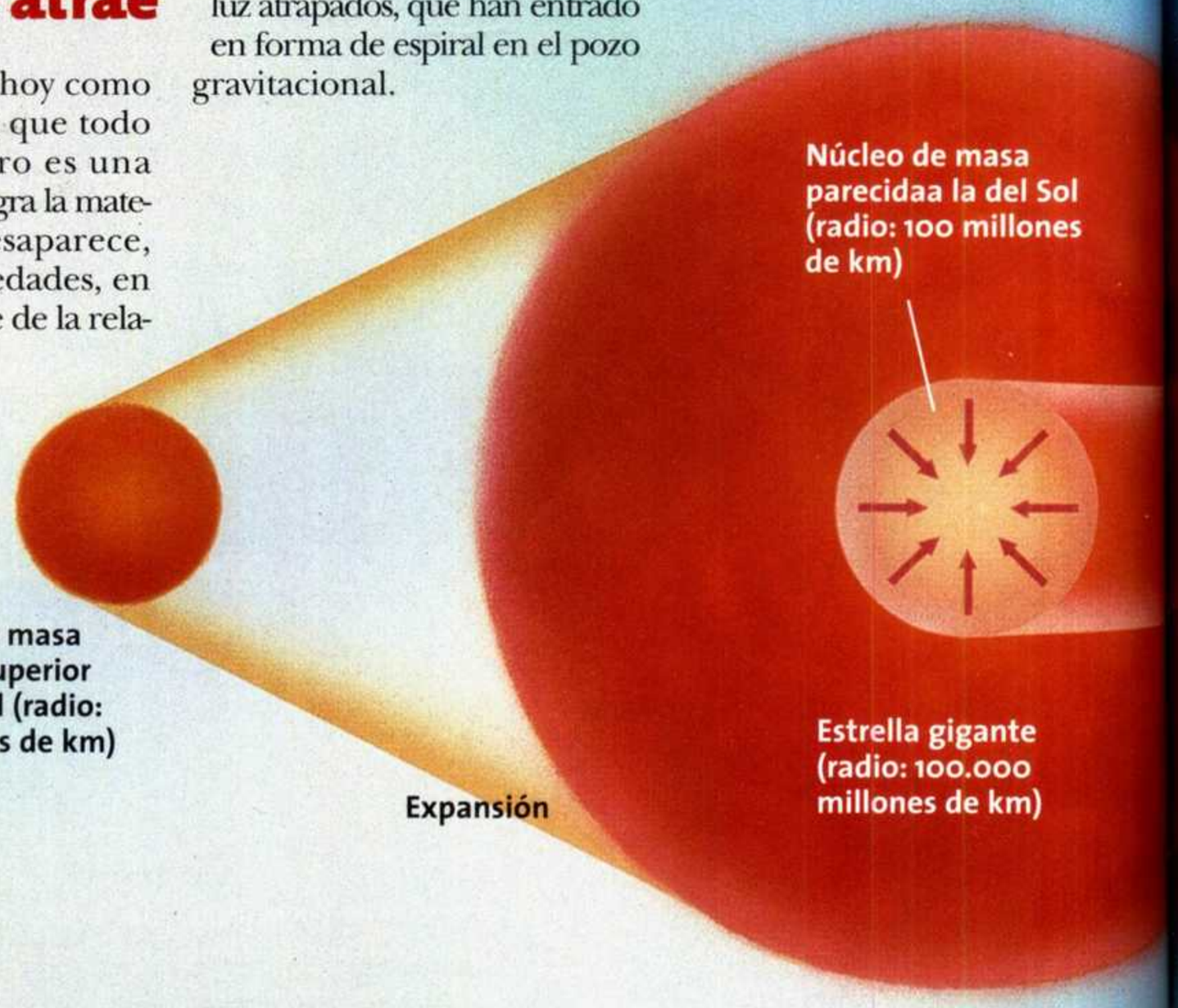
La ex estrella aspiradora

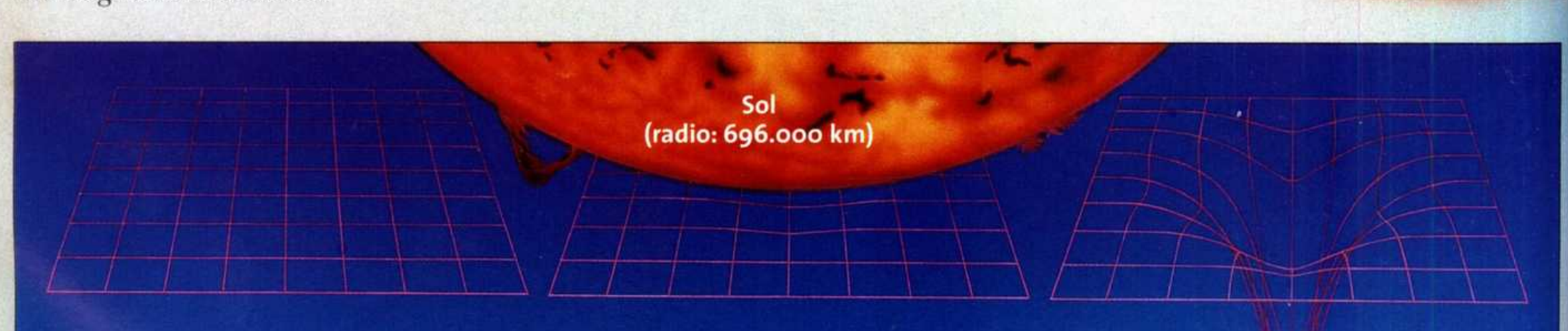
La primera hipótesis sobre la existencia de un cuerpo celeste tan denso que no deja escapar la luz la lanzó el reverendo inglés John Michell (1724-1793), en 1783. Años más tarde y por su cuenta, lo descubrió también el francés Pierre-Simon de Laplace (1794-1827), pero abandonó estas investigaciones, convencido de que la idea era absurda. Un siglo después, el astrónomo alemán Karl Schwarzschild (1873-1916) proporcionó una solución a las ecuaciones propuestas por Einstein en la Teoría de la relatividad general, en la que se preveía que podían existir extraordinarios cuerpos celestes, llamados, en los años 60, agujeros negros.

Fueron vistos por vez primera en 1971 desde el observatorio orbital Uhuru. Se trataba de impulsos de rayos X procedentes de un objeto celeste, después bautizado como Cygnus X-1, el primer agujero negro del que se tiene constancia concreta. Desde ese momento, y gracias también al impacto psicológico de su nombre, se sitúan en el centro de la investigación astrofísica.

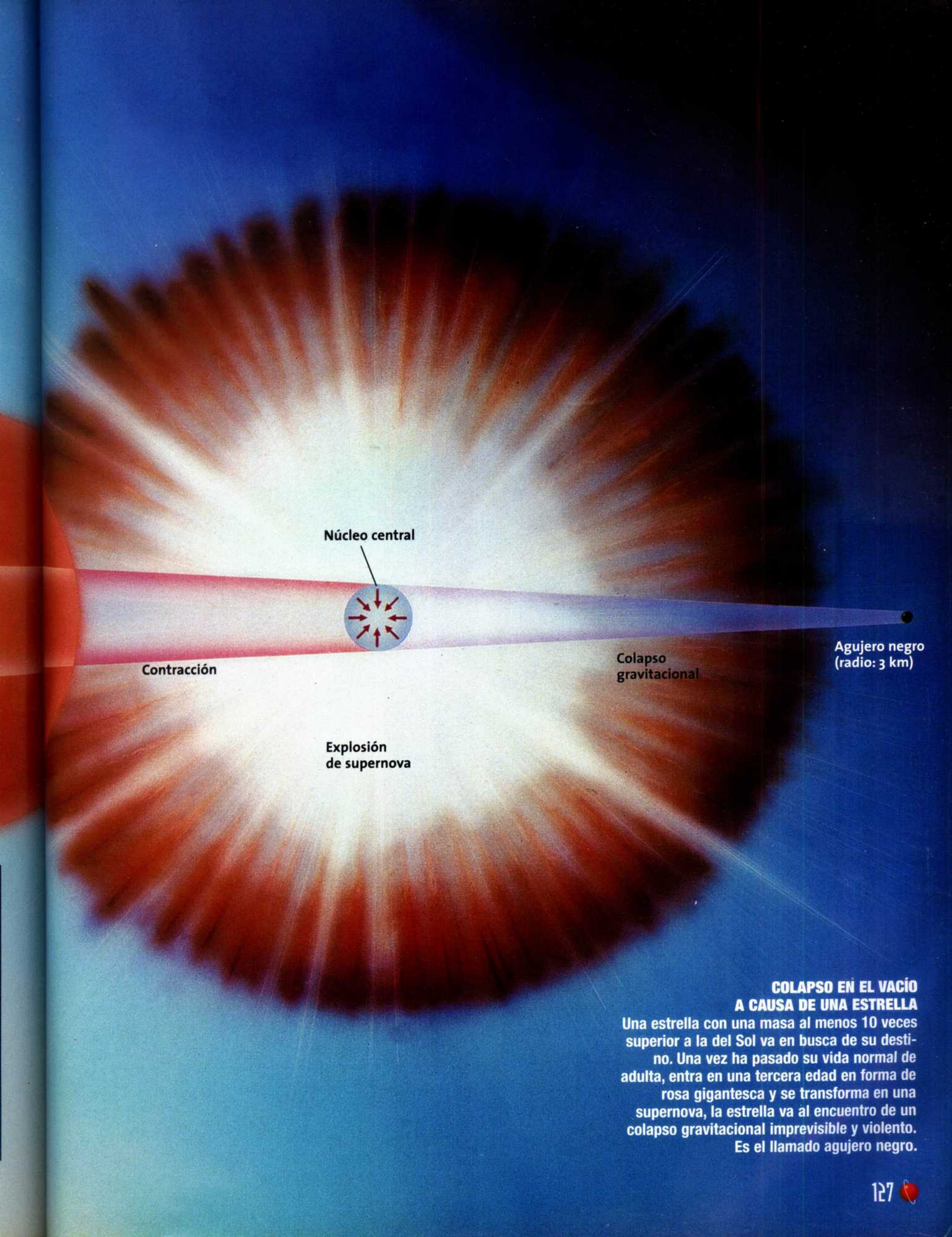
Hoy, se sabe ya mucho sobre su formación. En realidad, representan el colapso de estrellas de gran tamaño y masa, después de la explosión de una supernova. El agujero negro se puede imaginar hoy como un enorme vientre que todo lo aspira. Su centro es una máquina que desintegra la materia atraída. Ésta desaparece, con todas su propiedades, en una singular variante de la relatividad, en un punto llamado también singularidad. El borde, llamado horizonte de sucesos, es el punto de no retorno, porque, cuando se supera, se cae en el vientre del vacío. Se suele especular con la siguiente hipótesis: quien se precipita en él, lo primero que se encuentra en el seno del agujero negro son los rayos de luz atrapados, que han entrado en forma de espiral en el pozo gravitacional.

Una máquina que desintegra toda la materia que atrae





CUANDO EL AGUJERO NEGRO SOMETE AL ESPACIO Y EL TIEMPO La Teoría de la relatividad general de Einstein prevé que la gravedad somete al tejido espacio-tiempo (representado en el gráfico por una red) que empapa todo el universo. La imagen pone en evidencia cómo la potente tensión gravitacional, en torno a un agujero negro de una masa parecida a la del Sol, pero de un radio de sólo tres kilómetros respecto a los 696.500 del radio solar, deforma enormemente el tiempo y el espacio.



COLAPSO EN EL VACÍO A CAUSA DE UNA ESTRELLA

Una estrella con una masa al menos 10 veces superior a la del Sol va en busca de su destino. Una vez ha pasado su vida normal de adulta, entra en una tercera edad en forma de rosa gigantesca y se transforma en una supernova, la estrella va al encuentro de un colapso gravitacional imprevisible y violento. Es el llamado agujero negro.

EL MÁS CERCANO A NOSOTROS

El lugar de nuestro sistema galáctico en el que se encuentra un agujero negro es el cuerpo celeste X-1, en la constelación del Cisne, en el Brazo de Orión, a una distancia de cerca de 8.000 años luz. La masa del X-1 es casi seis veces superior a la del Sol, pero su radio es de apenas 20 kilómetros y forma un sistema binario junto a la supergigante azul HDE226868, cuya masa es 20 veces superior a la solar. Otros cuerpos celestes candidatos a ser identificados como agujeros negros en el seno de la Vía Láctea son los sistemas estelares múltiples A0620-00 y GX339-4, en Sagitario A. Y quizá también se puedan considerar agujeros negros los cuerpos celestes LMCX-1 y LMCX-3, en la Gran Nube de Magallanes.

Brazo del Escudo

Sistema Solar

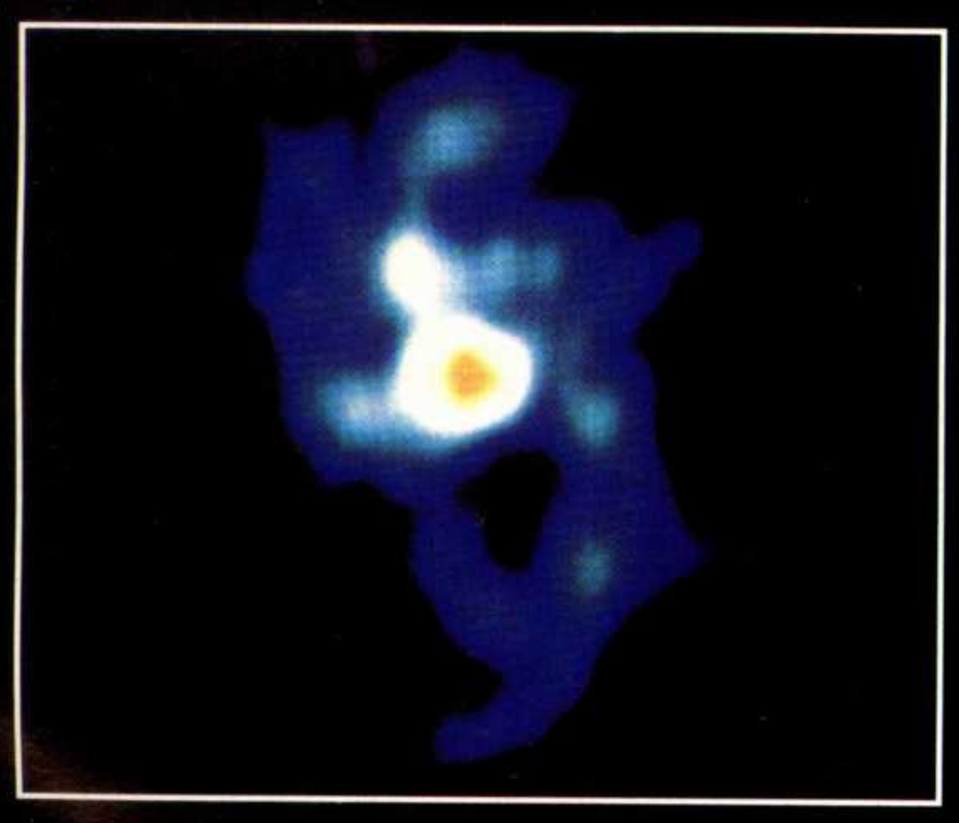
Brazo de Orión

Brazo de Sagitario

Vía Láctea

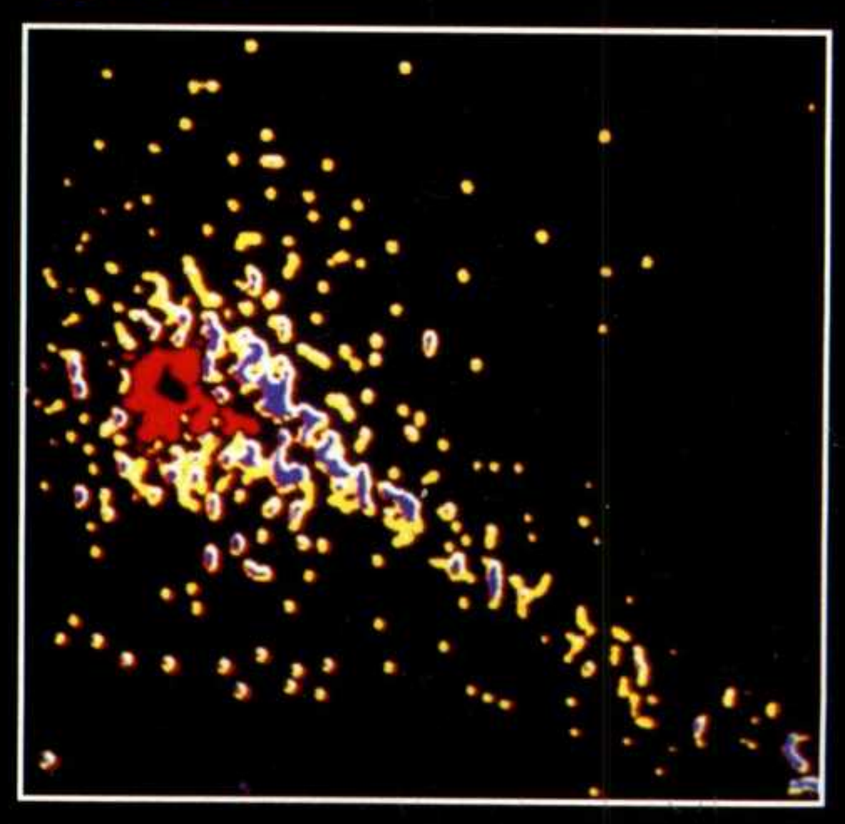
GX339-4
Longitud galáctica: 338,9°
Latitud galáctica: -4,3°
Distancia de la Tierra: desconocida (en las proximidades de la parte central de la Vía Láctea)

Sagitario A



Longitud galáctica: 0°
Latitud galáctica: 0°
Distancia de la Tierra: cerca de 30.000 años luz
Imagen por rayos X del núcleo central de la Vía Láctea, donde se encontró el agujero negro llamado Sagitario A (masa estimada: cinco millones de veces la solar)

Cygnus X-1



Longitud galáctica: 71,3°
Latitud galáctica: 3,1°
Distancia de la Tierra: cerca de 8.000 años luz
Imagen por rayos X de Cygnus X-1, el agujero negro en la constelación del Cisne, en las cercanías del Brazo de Orión

Agujeros en las galaxias

Se sospecha, y con bastante fundamento, que los agujeros negros se encuentran en la región central de las galaxias. Son sólo indicios que se apoyan en la grandísima velocidad de rotación de la materia que se encuentra a su alrededor. Las radiaciones X emitidas por el agujero negro y por la estrella que lo acompaña ha llevado la investigación al plano de las evidencias. El primero en caer en la red fue Cygnus X-1, de una masa seis veces superior a la del Sol, que se ecuentra a 8.000 años luz de nosotros, en la constelación del Cisne. Alrededor del agujero negro, su compañera, una supergigante azul de una masa 20 veces superior a la solar, emite sustancias gaseosas que forman un disco llamado de acreción. Sustancias que, precisamente, dejan al descubierto la presencia del agujero negro.

En el interior de nuestra galaxia, otros cuerpos celestes han presentado ya credenciales para obtener la patente de agujero negro. Son el AO620-00 a 8.000 años luz y el GX339-4, que se encuentra a una distancia desconocida y en la Gran Nube de Magallanes, dos cuerpos celestes, LMC X-1 y LMC X-3. Más posibles agujeros han sido descubiertos en otras galaxias, anillos de gas engullidos a una velocidad de miles de kilómetros por segundo con emisiones de radiación gigantescas.

El récord conocido de masa, 5.000 millones de veces superior a la del Sol, le corresponde al agujero de la galaxia M87, en la constelación de Virgo, en comparación con el cual nuestro astro rey no es más que una pluma. Los corazones de muchas galaxias podrían esconder otros tantos agujeros negros, una especie de fosas comunes para estrellas viejas.

A la espera de poder verificarlo, este fenómeno ha sido llamado Sagitario A. Nacido también de una pareja de estrellas, podría tener un disco de acreción enorme y emitir una gran energía. Aunque no pueda competir con el agujero de la galaxia M87, Sagitario A tampoco se queda cojo. Se cree que su masa está comprendida entre 3,5 y 5 millones de veces la solar.

El récord: una masa 5.000 millones de veces mayor que la del Sol

AO620-00
Longitud galáctica: 210,0°
Latitud galáctica: -6,5°
Distancia de la Tierra: cerca de 8.000 años luz

LAS COORDENADAS GALÁCTICAS
La latitud y la longitud galácticas son las coordenadas con las que se describe la posición de los cuerpos celestes en nuestra galaxia. La latitud 0 se refiere al plano central de la galaxia y la longitud 0 al centro de la galaxia.

LMC X-3
Longitud galáctica: 273,6°
Latitud galáctica: -32,1°
Distancia de la Tierra: cerca de 150.000 años luz

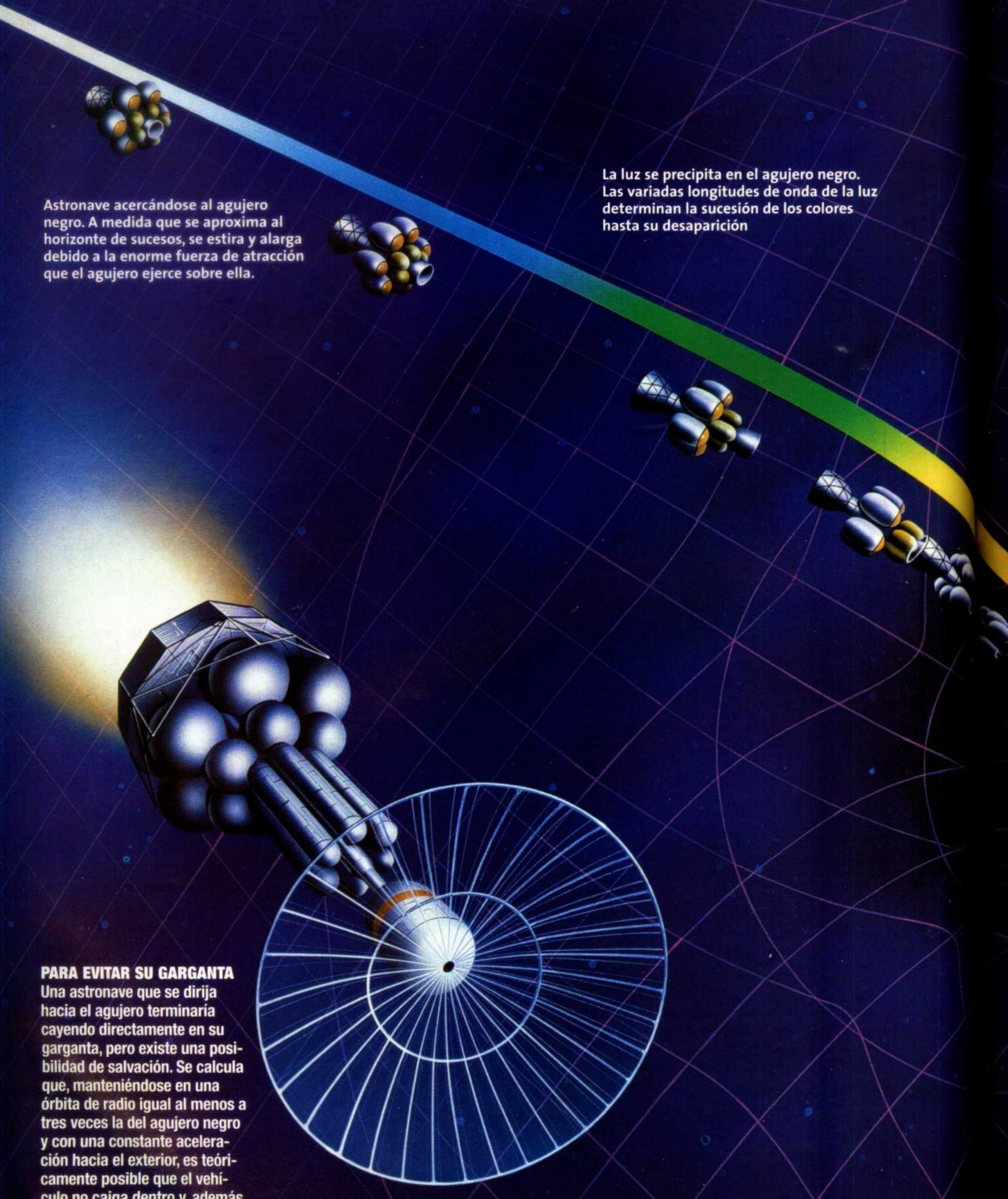
LMC X-1
Longitud galáctica: 280,2°
Latitud galáctica: -31,5°
Distancia de la Tierra: cerca de 150.000 años luz

Gran Nube de Magallanes

Danza estelar

El vals de los rayos X

En ciertos casos, los agujeros negros nacen de un sistema estelar doble. Es decir, en torno a la estrella convertida en agujero negro siguen girando una serie de acompañantes de los que se desprenden las sustancias gaseosas que forman a su alrededor un disco. Para el físico John Archibald Wheeler, este fenómeno se puede comparar con el vals de dos bailarines. Un vals en el que el oscuro traje del agujero negro guía la rotación de la compañera vestida de blanco. Y del baile surgen las radiaciones X, que nos permiten descubrir ese cuerpo celeste. Confirmaciones ulteriores de esta hipótesis se llevaron a cabo el año pasado por Luigi Stella y Mario Vietri. Los dos científicos, gracias a las observaciones recogidas por el satélite Rossi X Ray Timing Explorer, revelaron que las radiaciones X emitidas por los cuerpos celestes extremadamente densos están sometidas a ese fenómeno especial de pérdida de masa, que sólo se puede explicar con la presencia de un agujero negro.



Astronave acercándose al agujero negro. A medida que se aproxima al horizonte de sucesos, se estira y alarga debido a la enorme fuerza de atracción que el agujero ejerce sobre ella.

La luz se precipita en el agujero negro. Las variadas longitudes de onda de la luz determinan la sucesión de los colores hasta su desaparición

PARA EVITAR SU GARGANTA
Una astronave que se dirija hacia el agujero terminaría cayendo directamente en su garganta, pero existe una posibilidad de salvación. Se calcula que, manteniéndose en una órbita de radio igual al menos a tres veces la del agujero negro y con una constante aceleración hacia el exterior, es teóricamente posible que el vehículo no caiga dentro y, además, pueda separarse de él.

Atracción fatal

Dos astronaves viajan por el espacio y se dirigen directamente hacia un agujero negro. La primera está destinada a sacrificarse. La segunda, a observar el espectáculo. A bordo de la primera astronave, en lugar de seres humanos, van un par de *robots inteligentes*. Al aproximarse al horizonte de sucesos, es decir a la orla del agujero negro que representa el punto de no retorno, los robots se preparan para ir al encuentro de una muerte segura. Y, en efecto, son despedazados por la atracción gravitacional, extremadamente más potente en la parte más cercana al agujero negro. Después son engullidos, sin posibilidad alguna de salvarse, apenas llegados a la singularidad (el centro del agujero negro), a causa de la desaparición imprevista del espacio y del tiempo. La astronave también quedaría destruida por la gigantesca fuerza de atracción, antes de ser engullida. Una fuerza tan grande que una persona de dos metros, al pasar a través del horizonte de sucesos de un agujero negro de una masa igual a la solar, tendría que soportar mil millones de *g* (la aceleración de la gravedad sobre la Tierra).

Al astronauta, que iba a bordo de un vehículo con los motores a tope en una órbita de seguridad alrededor del agujero negro, la aproximación a esta especie de sumidero cósmico le pareció que duraba un tiempo infinito. Desde su atalaya, la vio cambiar de color, mientras aminoraba su marcha cada vez más, para desaparecer de su vista antes de que pudiese verla inmóvil. Todo esto sucede a causa de que, según la Teoría de la relatividad, el comportamiento del tiempo depende de la velocidad del observador.

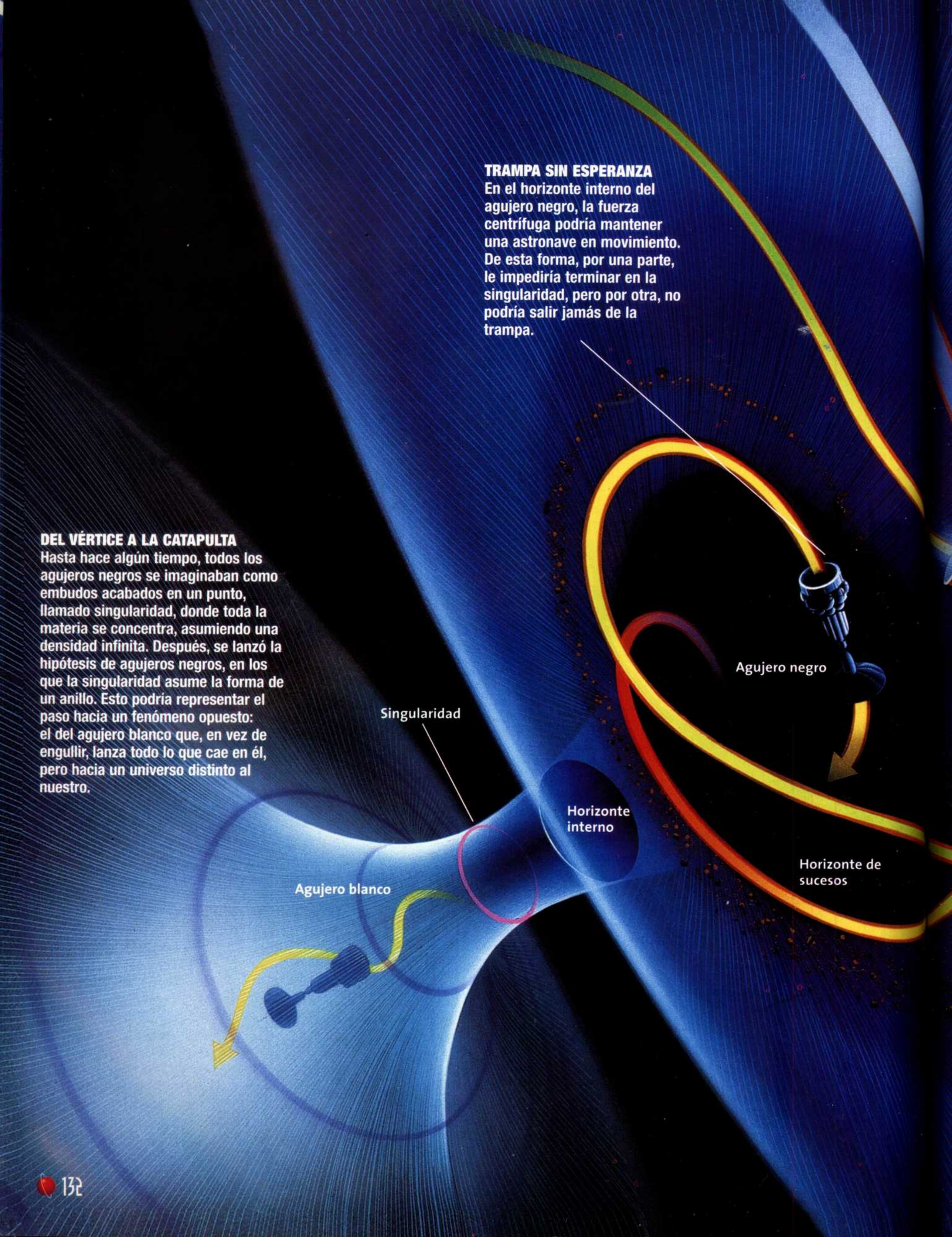
El tiempo se hace lentísimo, la astronave se alarga y, de pronto, desaparece

El viaje hacia el agujero negro le ha permitido, sin embargo, descubrir otra zona especial, llamada ergosfera, una rosca situada alrededor de un agujero negro en rotación y delimitada en el interior por el horizonte de los sucesos y, en el exterior, por una segunda superficie cerrada, llamada límite estático. Fuera de ésta, la astronave permanece en un punto fijo. Su pasajero ve siempre las mismas estrellas, mientras el agujero negro gira vertiginosamente a sus pies. Dentro de la ergosfera, y aún manteniéndose en sus confines externos, el vehículo espacial es engullido por el movimiento de rotación.

Según la hipótesis del matemático inglés Roger Penrose, en la ergosfera, la energía de un cuerpo puede incluso convertirse en negativa. Para entenderlo mejor, hay que pensar en una persona que contrae una deuda. Cuando el agujero negro captura ese cuerpo, en vez de aumentar su propia energía, la pierde, porque debe *pagar* la deuda energética de su presa.

Horizonte de sucesos

Singularidad



TRAMPA SIN ESPERANZA
En el horizonte interno del agujero negro, la fuerza centrífuga podría mantener una astronave en movimiento. De esta forma, por una parte, le impediría terminar en la singularidad, pero por otra, no podría salir jamás de la trampa.

DEL VÉRTICE A LA CATAPULTA
Hasta hace algún tiempo, todos los agujeros negros se imaginaban como embudos acabados en un punto, llamado singularidad, donde toda la materia se concentra, asumiendo una densidad infinita. Después, se lanzó la hipótesis de agujeros negros, en los que la singularidad asume la forma de un anillo. Esto podría representar el paso hacia un fenómeno opuesto: el del agujero blanco que, en vez de engullir, lanza todo lo que cae en él, pero hacia un universo distinto al nuestro.

Única salida, agujero blanco

Si, con una varita mágica, un astronauta a bordo de un vehículo espacial pudiese penetrar indemne en el interior de un agujero negro, podría contar muchas cosas y todas ellas muy sorprendentes. Suponiendo que el escenario fuese el de un agujero negro que rota, en su primer paso a través de la ergosfera se encontraría con una región donde todo movimiento sigue el ritmo de rotación del mismo. Una vez que hubiese penetrado en esta región, la astronave podría ser expulsada fuera y volver a entrar continuamente, lo que, obviamente, requeriría muchísimo combustible.

Pero nuestro indómito piloto parece decidido a adentrarse más profundamente y penetra en el fenómeno hasta una segunda y lejana capa, llamada horizonte interno. Aquí descubriría que, en determinadas condiciones, a causa de la intensísima fuerza centrífuga, su astronave permanecería para siempre en rotación, sin hundirse en el fondo del precipicio, pero también sin posibilidad de salir de él. Algo similar a lo que sucede en los grandes cilindros rotatorios de los parques de atracciones, en los que las personas permenecen pegadas a la pared, sin poder moverse, mientras el cilindro sigue rotando.

El agujero negro es de por sí un cuerpo misterioso que, como un ordenador enloquecido, engulle cualquier información y destruye los contenidos de cualquier cosa que cae en su interior. Sólo se queda con tres propiedades físicas: la masa, el momento angular y la carga eléctrica. El resto es una enorme cantidad de informaciones no disponibles que no contarán nada sobre el tipo de materia que se encuentra en su interior. En la singularidad, el punto de la densidad infinita, la teoría de la relatividad general de Albert Einstein y su consiguiente ley del espacio y del tiempo no tienen derecho de ciudadanía alguno.

Y, sin embargo, el astrofísico Stephen Hawking, el gran teórico de los agujeros negros, encontró en el horizonte de sucesos informaciones sobre el apetito de los agujeros. Por ejemplo, descubrió que cuanto más materia engulle más aumenta su masa y más amplía el horizonte de sucesos, en un escenario de cambios energéticos tan rápidos que ni siquera la misma naturaleza se da cuenta de ellos.

El hipotético viajero se encontraría en un mundo totalmente inédito

Se ha confirmado, por simulaciones en el ordenador, la hipótesis de que en el horizonte interno, la singularidad del agujero negro asume una forma de anillo que arrastra a nuestro astronauta, el cual en este momento podría atravesarlo para pasar a la región opuesta, donde encontraría un agujero blanco desde el cual, como si de una catapulta se tratase, sería inmediatamente *disparado* hacia un lugar totalmente desconocido.

FUGA ROCAMBOLESCA
El espacio alrededor de los agujeros negros que rotan se llama ergosfera. Una astronave que entrase en la ergosfera se movería sólo en la dirección del movimiento del agujero negro, pero, al rotar, podría incluso salir de él.

Ergosfera

EN LA ESPIRAL
Los pequeños cuerpos celestes atraídos por la enorme fuerza de gravedad del agujero negro son primero desmenuzados, para terminar engullidos por su garganta, en un movimiento en espiral.

El entorno cósmico, donde todo es gratis

La mente humana encuentra siempre la llave para poder plegar a sus propias exigencias cualquier aspecto del universo. ¿Por qué no imaginar, por ejemplo, el agujero negro como la posible ubicación de una ciudad llena de vida, un crisol de investigaciones y de experimentos, y, por qué no, de dimensiones alternativas de supervivencia?

Construida como un anillo alrededor de un agujero negro, una ciudad encontraría en su movimiento rotatorio toda la energía necesaria para satisfacer con un coste prácticamente cero las exigencias de sus habitantes y de sus actividades. Y además, no existiría el problema de los residuos.

Se trata, en efecto, de un auténtico sistema de recuperación de energías de los residuos, que disfruta de las propiedades de la ergosfera del agujero negro rotativo, es decir la región que se encuentra entre el límite estático y el horizonte de sucesos. Para llevar a sus últimas consecuencias las teorías de Roger Penrose sobre los cambios de energía, el griego Demetrios Christodoulou optó por un procedimiento muy sencillo.

Se trata de lanzar materia a la ergosfera. Una parte es engullida por el horizonte de sucesos, adquiriendo energía negativa y la otra es proyectada fuera cargada de más cantidad de energía que la que poseía la materia originaria. Pues bien, si en vez de cualquier materia se deja caer en la ergosfera un cubo lleno de residuos, se puede conseguir que el contenido sea engullido en un santiamén por el agujero negro, mientras el continente sería recuperado cargado de energía de rotación. Lo que pasa es que, a cada operación de descarga y recuperación, la rotación del agujero negro se ralentizaría y el preciado corazón de la ciudad ideal terminaría por agotarse. Entonces, la ciudad anular debería trasladarse alrededor de un nuevo agujero negro, como si de una peonza se tratase.

LA CIUDAD ECOLÓGICAMENTE PERFECTA

En la ciudad construida alrededor del agujero negro no habría problemas de abastecimiento de energía, ni de almacenamiento de residuos. El movimiento rotatorio de los agujeros negros resolvería ambas cosas. Cada vez que se echasen residuos en el interior del agujero negro, se adquiriría automáticamente energía. El único problema es que este ventajoso intercambio terminaría por ralentizar la rotación del agujero negro, disolviendo la ergosfera.

Wormhole (galería espacio-temporal creada por la unión de los agujeros negros y blancos)

Otro universo

Pasadizos a otros universos

Voraces ladrones de materia, que no devuelven nunca a nuestro universo, los agujeros negros ocultan, a las miradas indiscretas, sus vísceras más profundas. Pero la especulación teórica les ha encontrado una contrapartida de igual categoría: los agujeros blancos, un territorio en el que no puede entrar absolutamente nada, pero del que puede salir materia. Se suele decir que unos y otros están unidos entre sí por canales espacio-temporales o *Wormhole*. La singularidad del agujero blanco es una región en la que no hay leyes físicas y en la que no rige la relación causa efecto, hasta el punto de que es imposible que exista la misma materia.

El matemático Roger Penrose ha establecido que si la singularidad del agujero negro existe en cuanto que es una parte del universo, la del agujero blanco no puede existir ni en nuestro universo, ni sola. Una hipótesis denominada 'censura cósmica' niega la existencia de los agujeros blancos en nuestro universo.

La importancia de los agujeros blancos sería, pues, otra bien distinta. En los tiempos de la imprevista expansión de los albores del universo se habrían formado pasadizos como si estuviesen excavados por la carcoma, llamados precisamente *Wormhole* (término ingles para los agujeros hechos por las lombrices). Según John Wheeler, estos túneles unen el territorio interno del horizonte de sucesos con el territorio interno del horizonte de sucesos de los agujeros blancos, excluyendo la singularidad.

Privados de ésta, los *Wormhole* no son más que tubos vacíos que hacen posible el paso de la materia absorbida por un agujero negro hasta el agujero blanco que la expulsa. El viaje que emprende la materia partiendo de su universo conocido puede ser, pues, representado como un precipitarse en un camino sin retorno, que sin embargo permite una nueva vida en contornos absolutamente diferentes y en un universo también diferente.

Wormhole

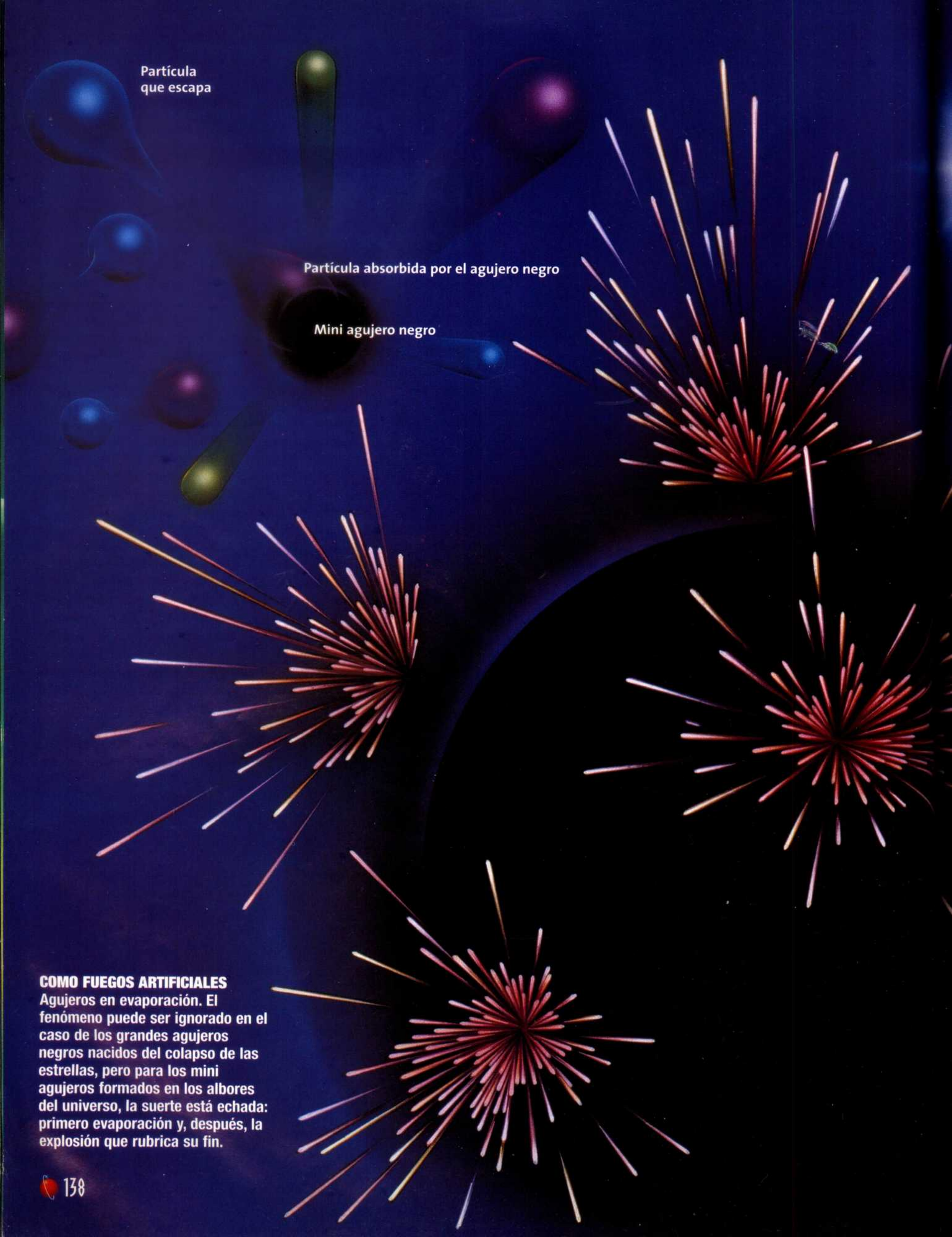
Otro universo

Agujero negro que termina en un punto (singularidad)

Agujero negro en formación que comienza a destruir el espacio-tiempo

Nuestro universo

UN TÚNEL ENTRE DIVERSOS MUNDOS
Los *Wormhole* constituyen los pasadizos que atraviesan el horizonte de sucesos de los agujeros negros y blancos, uniendo unos con otros. En su interior, no existe la singularidad y, por lo tanto, la materia absorbida por un agujero negro podría atravesar un *Wormhole* y ser expulsada por un agujero blanco. Para una astronave sería el paso de uno a otro universo. En la foto, el físico John Wheeler, que formuló esta teoría.



COMO FUEGOS ARTIFICIALES
Agujeros en evaporación. El fenómeno puede ser ignorado en el caso de los grandes agujeros negros nacidos del colapso de las estrellas, pero para los mini agujeros formados en los albores del universo, la suerte está echada: primero evaporación y, después, la explosión que rubrica su fin.

Un final explosivo

Explosión final de un mini agujero negro

Evaporación de un mini agujero negro con emisión violenta de partículas

En la hipótesis de un crecimiento continuo, la vida de los agujeros negros nunca tiene fin. Y, sin embargo, parece que sí hay un final para ellos, anunciado por el propio Stephen Hawking, el científico que dio a los agujeros negros la imagen de «pelotitas infinitamente hinchables». En sus siguientes investigaciones, que aparecen publicadas en la revista científica *Nature* en el año 1976, Hawking lanza la siguiente hipótesis: «Los agujeros negros desaparecen evaporándose y realizando una explosión final». Una teoría que hoy es generalmente aceptada. Más aún, en la actualidad se cree que es posible *ver* el último hálito de los agujeros negros en los rayos gamma, ondas electromagnéticas de alta energía, que saltan en la explosión final.

Siempre voraces, los agujeros negros *morirían* también por algo indigesto que se hubiesen tragado. Se trata de las famosas partículas con energía negativa que se originan en la ergosfera junto a otras partículas provistas de energía positiva que son expulsadas hacia el exterior. Engullendo partículas con energía negativa, el agujero negro se ve obligado a pagar la deuda cediendo poco a poco su propia energía. Consiguientemente, su masa se reduce y comienza un proceso de contínua evaporación. Cada vez más pequeño y más caliente, dispersa por el espacio su energía, el antiguo predador explota y finalmente desaparece, aunque este fenómeno afecta a cada uno de diferente manera, según sean sus dimensiones.

También en los albores del universo, inmediatamente después del *Big Bang*, se habrían formado pequeñísimos agujeros negros, de las dimensiones de un protón, pero con un peso de millones y millones de toneladas. Mini agujeros de una enorme masa y de temperatura elevadísima, terreno ideal para el fenómeno de la evaporación.

Muchos de estos mini agujeros ya habrían desaparecido. Otros estarían a punto de estallar. Según los astrofísicos, sería posible crear un sol artificial con un mini agujero negro en evaporación. Para ello, bastaría con uno de una masa 1.000 veces inferior a la de la Luna, pero concentrada en un diámetro de 0,0005 milímetros.

Un cuerpo de estas características emitiría rayos luminosos durante un periodo de 10.000 millones de millones de millones de años a una temperatura de millares de grados, cercana a la de la superficie solar. Y si pensamos que la vida de nuestro universo es de sólo 15.000 millones de años, el ex agujero negro constituiría una fuente de energía prácticamente eterna.

Los agujeros negros comienzan a evaporarse, explotan y desaparecen

Un destino abierto a todo

Considerados como los faros del cielo, los objetos cuasi estelares (cuásar) son elementos luminosos, parecidos a las estrellas, que se encuentran a miles de millones de años luz. Sin embargo, el cuásar más pequeño de cualquier galaxia produce 200 veces más energía que la existente en la totalidad de las estrellas de la Vía Láctea. Pues bien, el cuásar no es más que un agujero negro con una masa de cientos de millones de veces la del Sol y que sigue creciendo, al atraer y absorber materia, generando a su alrededor chorros de partículas. Según Wheeler, el cuásar es la manifestación más espectacular de las propiedades físicas de un agujero negro en actividad.

En la evolución del universo, los agujeros negros cuentan con papeles diferentes

En el destino evolutivo del universo, el papel de los agujeros negros puede variar. Según la teoría de la relatividad general de Einstein, existen dos posibilidades para el universo actualmente en expansión. Si la densidad de la materia llegase a superar un cierto límite, llamado de densidad crítica, el universo dejaría de expandirse y comenzaría a contraerse. Es el escenario del universo cerrado. Si, por el contrario, la densidad crítica no se alcanzase, la expansión continuaría y nos encontraríamos ante un universo abierto.

En el universo cerrado, los agujeros negros seguirían engullendo materia y creciendo. Cada vez más grandes, encontrarían materia más cercana y, después, en otros agujeros negros con los cuales se fusionarían para dar vida a otros agujeros todavía mayores. Al final, absorberían a todos los demás cuerpos del cosmos, donde sólo quedarían ellos. Todo el cosmos convertido en un único agujero negro. En realidad, un universo cerrado está limitado incluso en el tiempo y, al contraerse, terminaría por destruirse, antes de convertirse en el solitario agujero negro, rey del universo.

En el universo abierto, la expansión continúa sin límite hasta que la materia se dispersa y se aleja y los choques entre los agujeros negros se tornan cada vez más improbables. El futuro de estos *ladrones* sólo podría ser el de disolverse en el fenómeno de la evaporación. ¿En cuánto tiempo? En un período larguísimo. Para la total evaporación de un agujero negro es necesario un tiempo proporcional a su masa elevada a la tercera potencia. Un agujero negro con una masa igual a la del del Sol emplearía, para desaparecer, 1054 veces la edad actual del cosmos.

En cambio, para los agujeros negros masivos del centro de la galaxia, el tiempo de evaporación en un universo que se expande hasta el infinito no sería demasiado largo. Al final, sólo quedaría de ellos las partículas emitidas de masa cero, como los neutrinos y los fotones, en un universo enrarecido con un valor casi próximo al cero absoluto.

Horizonte de sucesos

LIBROS

Lázaro Covadlo
Agujeros negros
Altera

Stephen Hawking
Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros
Alianza Editorial

INTERNET

@ http://sci.esa.int/
@ http://mimosa.pntic.mec.es/~fgalve1/agujeros.html

FUTUROS ADVERSARIOS
En el supuesto de que nuestro universo no se expanda al infinito, sino que, llegado a un punto, comience a contraerse, terminaría convertido en un agujero negro. Sin embargo, en el caso contrario, el más probable además, en el que nuestro universo está destinado a extenderse siempre, también los agujeros negros estarían destinados a disolverse, al no encontrar ya materia con la que alimentarse. El gráfico se puede, pues, leer de dos formas distintas: el universo que es engullido por el agujero negro final o el universo que se espande para siempre.

Pregunte a Newton

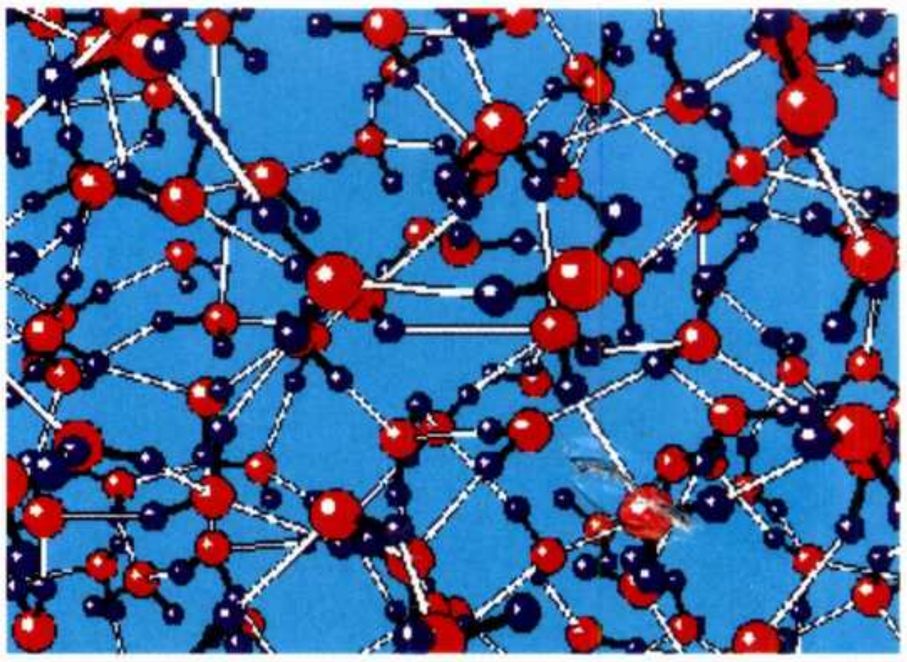
CURIOSIDADES DE NUESTROS LECTORES

NEWTON RESPONDE A SUS CONSULTAS
Nuestros lectores pueden enviar sus preguntas a: Revista Newton. Calle Pradillo, 42. 28002 Madrid. Fax: 586 46 24. E-Mail: *newton@el-mundo.es*

¿Qué relación existe entre la bulimia y la anorexia y cómo destruyen el organismo? ¿De qué modo se pueden afrontar?

Vanesa Ibáñez Sañudo (Cáceres)

La característica fundamental de la anorexia es la pérdida deliberada de peso inducida por el propio enfermo. Acompañados de un intenso deseo de estar delgados, algunos pacientes con anorexia presentan, además, episodios de bulimia, una patología que conlleva un deseo irresistible de comer grandes cantidades de alimentos en poco tiempo, casi siempre debido a causas como el estrés. La bulimia también persigue evitar la ganancia de peso, ya sea mediante el vómito autoprovocado, el uso de laxantes, dietas estrictas etc... En el caso de la mujer, puede aparecer una amenorrea (pérdida de la menstruación), y en el hombre una disminución de potencia e interés sexual. Se trata mediante la psicoterapia (principalmente la cognitivo-conductual, fármacos antidepresivos o algunos psicofármacos.



¿Qué es la mecánica cuántica?

Antonio de Contreras González (Castelldefels, Barcelona)

Es una parte de la física que describe los fenómenos atómicos y subatómicos. En el marco de la mecánica cuántica se desarrollan las actuales investigaciones de la física atómica y nuclear, de la física de partículas elementales o de la física del estado sólido, entre otras áreas. En 1901, Planck confirmó las teorías que desde hacía tiempo postulaban acerca de que los electrones giraban en torno a un átomo formando órbitas, y que cada electrón liberaba o acumulaba energía cuando saltaba de una órbita a otra. Esta energía se emite en forma de radiación. Einstein, por su parte, estableció que la luz, aparte de ser una onda electromagnética, podía interpretarse como una partícula (fotón). A partir de estas teorías surgió la mecánica cuántica.

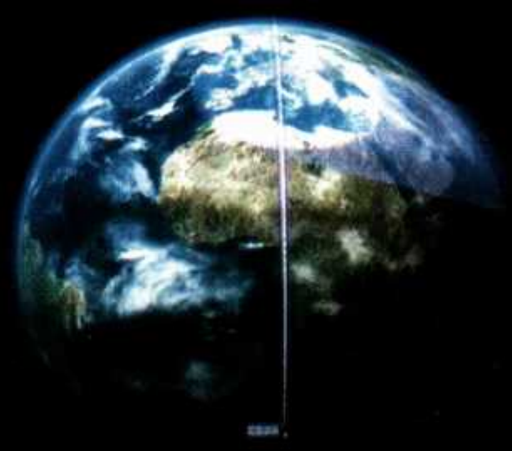
¿Hay alguna solución que no sea quirúrgica para la artrosis?

Paqui Hidalgo Rodríguez (Écija, Sevilla)

El tratamiento es sintomático, y está dirigido a reducir el dolor, mantener la movilidad y vencer los problemas de movimiento que el paciente pueda sufrir. A los individuos con artrosis leve basta con animarlos e instruirlos acerca de las medidas de protección articular. El dolor puede ser controlado con analgésicos simples, y rara vez son necesarios los narcóticos. Los antiinflamatorios no esteroideos se deben prescribir si existen signos de sinovitis, y siempre reservándolos para casos resistentes al tratamiento analgésico. Para pacientes con artrosis, un análisis de su ocupación o actividad física siempre es importante, y todo aquello que cause una carga excesiva sobre la articulación debe ser evitado. En ocasiones, el uso de muletas, bastón o andador es necesario en artrosis de cadera y

¿Es posible que un satélite que abandona el Sistema Solar siga enviando información a la Tierra?

María Victoria Molina (Carmena, Toledo)



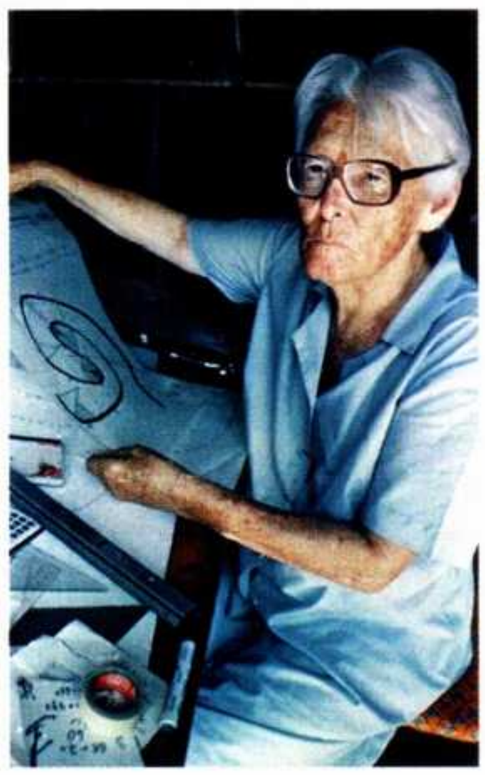
En efecto, un satélite que sobrepase las fronteras del Sistema Solar puede enviar información porque ésta se transmite a través de ondas electromagnéticas, que se propagan en el vacío y son capaces de llegar a la Tierra desde cualquier punto del espacio, independientemente de la distancia existente. Este tipo de satélites se alimenta de combustible nuclear, lo que les permite mantenerse operativos durante largos periodos de tiempo.

¿A QUÉ SE DEDICA EL BUQUE OCEANOGRÁFICO HESPÉRIDES? Se trata de uno de los laboratorios flotantes más importantes del mundo. Fue construido por España con el fin de realizar investigaciones científicas en la Antártida. Cada año zarpa hacia ese continente con más de 100 investigadores a bordo para realizar estudios de la flora y la fauna, así como el levantamiento de cartas geológicas de algunas de las islas. El buque Hespérides es propiedad del Estado español.

Quisiera saber qué son las Líneas de Nazca y si tienen una explicación científica

David Ramírez Fernández (Alicante)

Son un mosaico de gigantescas figuras estilizadas –un mono, un pez, una araña, una ballena, etcétera–, que coexisten junto a un mayor número de trazos geométricos. Tanto la magnitud de los trazos como la de los dibujos son tan grandes que sólo se aprecian desde una altura de 1.500 pies. Ubicadas cerca de la ciudad de Nazca (Perú), han sido catalogadas desde su descubrimiento en 1927 como uno de los más importantes legados de las antiguas culturas preíncas. La doctora María Rieche (en la foto), la persona que más las ha estudiado, llegó a la conclusión de que los nascas las construyeron «con el objeto de marcar diversas fechas del calendario astronómico, sea la llegada del invierno, sea la del verano, así como otros sucesos de sus actividades productivas».



¿Qué es una vitamina? ¿Y una coenzima? ¿Hay vitaminas que formen parte de coenzimas?

Sergio Solchaga Díaz (Pamplona)

Vitamina, término acuñado por primera vez en 1912, es cada uno de los compuestos orgánicos necesarios para el normal desenvolvimiento de un organismo. Se encuentran en los alimentos en pequeñas cantidades y, según sus propiedades, se clasifican en liposolubles e hidrosolubles. Las enzimas, catalizadores de los procesos de metabolismo, se dividen en coenzimas y apoenzimas. Las vitaminas no forman parte de los coenzimas (componente no proteico de una enzima que interviene en la reacción catalizada por ésta), y sólo desarrollan su acción en estrecha interacción con las hormonas y las enzimas.

¿Qué es la Propecia y de qué forma puedo conseguirla?

Sergio David (Alcobendas, Madrid)

Propecia es el nombre comercial en EEUU de un producto que hace frente a la alopecia. En un principio, este medicamento fue creado para combatir el cáncer de próstata, pero los resultados no fueron muy alentadores. No obstante, se descubrió una mejora capilar en el 48% de los pacientes que habían consumido el producto. Pero no todo son ventajas, hasta el momento, el cabello renacido vuelve a caer en cuanto se deja de tomar, y su ingestión provoca diferentes grados de impotencia en un 4% de los casos, efecto que desaparece al dejar el tratamiento. En la actualidad sólo se encuentra disponible en EEUU, al precio de 250 dólares (unas 7.000 pesetas), pero Merck Sharp Dohme (su fabricante) ha explicado a *Newton* que estará disponible en España a finales del próximo enero. Eso sí, bajo receta médica y con un precio aún por determinar.

Cuando a un paciente o a un enfermo se le diagnostica muerte cerebral, ¿significa eso que el resto de sus órganos ha dejado de funcionar? Si es así, ¿es posible el transplante de sus órganos?

Goretti Castro Callero (Arrecife, Lanzarote)

Los avances tecnológicos que permiten mantener con vida a personas en apnea (respiración asistida) han cambiado el concepto tradicional de muerte cerebral. En la actualidad, resulta claro que la muerte real consiste en el cese de la función cerebral y no la del corazón, como antaño se consideraba (obviamente, la parada cardíaca determina la muerte cerebral, al no llegar sangre al cerebro). La legislación española establece que para diagnosticar muerte cerebral, se debe constatar un EGG (electroencefalograma plano) durante 30 minutos, y los caracteres clínicos de muerte cerebral han de persistir al menos seis horas desde el comienzo del coma (Real Decreto 426/1980 de 22 de febrero). Cuando el paciente pierde la vida cerebral humana, únicamente conserva ciertas funciones vegetativas, como el latido cardiaco (sólo lo podrá conservar durante horas o pocos días), pero durante algunos momentos, los órganos siguen recibiendo sangre, y por supuesto, la reciben si el cuerpo sigue funcionando gracias a un respirador, por lo que muchos de sus órganos pueden ser utilizados para salvar vidas, sobre todo aquellos en los que el tiempo es vital. Por eso, los órganos trasplantados más importantes se extraen siempre de cadáveres recientes, muertos en su mayoría en accidente.

Pregunte a Newton

CURIOSIDADES DE NUESTROS LECTORES

EL SATÉLITE XMM, que será lanzado al espacio en enero del año 2000 por la Agencia Espacial Europea (ESA), captará emisiones de rayos x procedentes de los confines más alejados del universo.

¿Por qué, en teoría, es imposible bajar del cero absoluto?

Antonio Cadenas (Lantejuela, Sevilla)

La temperatura es un promedio de la energía de todos los átomos que constituyen la materia. El cero absoluto o cero kelvin, equivalente a -273 grados centígrados, implica que estos átomos no vibrarían, algo imposible, ya que al estar cargados de energía siempre están vibrando. Por otro lado, curvas experimentales de presión, volumen y temperatura han demostrado que en el momento en que la materia alcanzase el cero absoluto, ésta dejaría de tener volumen, un contrasentido que no puede suceder.

Me gustaría que me explicasen cómo viaja una imagen a través del televisor

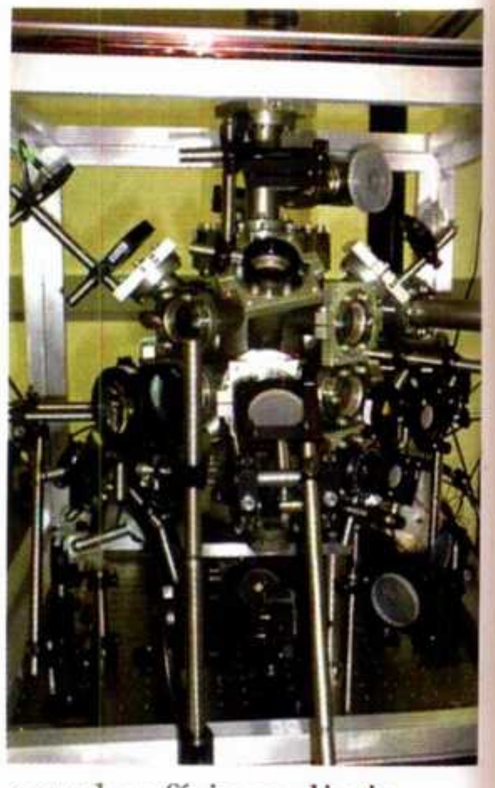
Pablo Romero de los Reyes (Málaga)

La televisión transmite a distancia imágenes en movimiento por medio de cables y ondas hertzianas. Su funcionamiento es el siguiente: cada imagen se descompone en pequeños elementos individuales (puntos) que se transmiten sucesivamente. En el iconoscopio (tubo tomavista que analiza la imagen) del transmisor, el haz explorador barre continuamente la imagen siguiendo líneas sucesivas. En el televisor, el haz del tubo de imagen es modulado por las corrientes detectadas procedentes del transmisor, a fin de provocar la aparición sobre la pantalla fluorescente de puntos de brillo variable. El barrido del tubo de imagen se efectúa sincrónicamente con el del iconoscopio, gracias a que en la señal de vídeo se incorporan unos impulsos de forma especial, denominados impulsos de sincronismo. Si la totalidad de los puntos de la imagen son transmitidos en menos de 1/10 de segundo, gracias a la persistencia de las sensaciones visuales, se tiene la sensación de que se trata de una imagen real.

¿Existen los relojes atómicos?

Sebastián Bronte Palacios (Alcalá de Henares)

Existen desde 1954. Los relojes atómicos sirven para medir el tiempo con una gran exactitud. Tanta, que después de 10 siglos de funcionamiento, adelantarían o atrasarían la hora menos de un segundo. Se basan en la frecuencia con la que vibran ciertos átomos o moléculas entre dos



estados físicos distintos, y se utilizan en los sistemas de navegación espacial, que confían en la medición del tiempo que tarda la luz en llegar de un satélite a otro para dar su posición. Su sistema es el siguiente: un oscilador de cuarzo produce una onda electromagnética, con una frecuencia constante, que es dirigida contra unos átomos elegidos. Si se desvía, la falta de detección actúa accionando un servomecanismo que corrige la frecuencia de emisión.

¿Es verdad que Júpiter y Urano tienen anillos? Si es así, ¿podrían decirme lo que conozcan sobre ellos?

Iñaki Correas (Alcalá de Henares)

Es cierto, en la noche del 10 de marzo de 1977, la estrella SAO 158.687 debía ser ocultada por el disco de Urano, desaparición interesante para conocer la composición de la alta atmósfera del planeta. Para poder seguirla, se instaló un telescopio en un avión, el *Kuiper*. Pero para asombro de todos, se pudo observar que el brillo de la estrella desaparecía nueve veces antes de la ocultación, volviendo a desaparecer otras tantas tras la salida del disco del planeta. La explicación era simple: se trataba de un sistema de nueve anillos denominados 6, 5, 4, α, β, π, γ, δ, y ε. Este último, el más denso y brillante de todos. Por su parte, el *Voyager 2*, en julio de 1979, descubría un anillo en Júpiter formado por polvo muy fino. Este anillo, compuesto de partículas cargadas eléctricamente, es el resultado de la actividad volcánica de uno de los satélites del planeta, Io. Las partículas son atrapadas por las líneas exteriores del campo magnético del planeta, constituyéndose de esta forma el anillo.

¿CUÁNDO SE RODÓ EL PRIMER FILM SONORO? En 1927, se proyectó en EE UU *El cantante de jazz*, el primero totalmente sonoro en la historia del cine. Lo produjo la Warner Bross.

¿QUIÉN HA INVENTADO EL PAPEL DE ALUMINIO? El estadounidense Richard Reynolds lo puso en práctica en 1947 al sustituir el estaño por un folio de aluminio.

¿CUÁNDO SE REALIZÓ EL PRIMER TRASPLANTE DE MÉDULA? En 1956, lo realizó el norteamericano Donnall Thomas (Premio Nobel en 1990) en un enfermo de leucemia.

¿Quisiera saber qué es el invierno nuclear y qué consecuencias tendría para la Tierra?

Juan Fernández Trijueque (Huelva)

El término se acuñó en los años de la Guerra Fría, y se refería a las consecuencias que una guerra nuclear ocasionaría en la Tierra. El Premio Nobel de Química Paul Crutz fue uno de los científicos que en los años 80 lanzó el aviso sobre el peligro de un invierno nuclear. «Resulta evidente», afirmó, «que una guerra nuclear causaría incendios tan grandes sobre la superficie terrestre que la luz solar acabaría bloqueada por las ingentes cantidades de hollín y polvo lanzadas a la atmósfera, con lo cual, la Tierra se convertiría en una masa congelada». La vida iría desapareciendo con el paso de los años, incluidas aquellas personas que hubiesen conseguido refugiarse en un búnker.

¿Qué enfermedad se conoce como Púrpura de Shönlein-Henoch?

Francisca Charriel Ardebol (Valencia)

Es una enfermedad infantil que afecta a niños de entre dos y siete años de edad, con un predominio en los varones. Afecta principalmente a la piel, las articulaciones y los sistemas gastrointestinal y renal. Es el resultado del derrame de sangre y plasma en las superficies subcutáneas, submucosas y subserosas (debajo de la grasa). Entre un 50% y un 90% de los casos va precedida de un cuadro infeccioso de vías respiratorias. Se desconoce la patología, pero datos indirectos sugieren una reacción alérgica, y se han descrito casos relacionados con alimentos, venenos de insectos, agentes químicos y drogas. Sin embargo, la reexposición al supuesto agente causal no ocasiona la reaparición de la enfermedad. Su comienzo es agudo y las manifestaciones pueden consistir en cefalea (dolor de cabeza), fiebre... También aparecen lesiones cutáneas, que se inician con una urticaria que desaparece pronto y es sustituida por unas manchas rojas.

¿Se puede llegar a sentir los sueños? ¿Por qué?

Nieves Fernández Torres (Ciudad Real)

Sí que sentimos los sueños. Por definición, éstos son escenas que imaginamos mientras dormimos. Se producen, por tanto, al margen de nuestra voluntad, interviniendo tanto en su origen como en su desarrollo factores somáticos y psíquicos. Los factores somáticos son las sensaciones corporales, ya sean de tipo táctil, de presión, de dolor, acústicas, visuales, etcétera, y normalmente son las que ponen en marcha la imaginación. Los factores psíquicos corresponden, por un lado, a la memoria y por otro, al componente afectivo-emocional, que acompaña a los sucesos que ya hemos vivido.

Me gustaría saber el precio de un telescopio bastante potente. ¿Se podrían ver los planetas, distinguir su color o sus anillos?

Cristina Fernández Salesa (Sabadell, Barcelona)

Es muy frecuente la opinión de que para las observaciones astronómicas se necesitan telescopios grandes y caros, pero esto no es cierto. Ya se obtienen muy buenos rendimientos con unos prismáticos y un pequeño telescopio astronómico de hasta 100 milímetros de abertura de objetivo. Con él podremos llegar a observar detalles típicos de la Luna o de los planetas, como las fases de Venus, los casquetes polares de Marte o el anillo de Saturno. Uno de 60 milímetros de diámetro (con él veremos, Júpiter, por ejemplo) cuesta alrededor de 18.500 pesetas. Uno de 150 o 200 milímetros de diámetro alcanza las 110.000 pesetas, y ya nos permite descubrir espectáculos como las divisiones del anillo de Saturno, docenas de galaxias o, incluso, la superficie marciana.

Juegos

PONGA A PRUEBA SU AGILIDAD MENTAL

LA CRUZ Y LA CARA. Una tarde el hermano pequeño de Juan y Eva colocó cinco monedas de 100 pesetas encima de la mesa del comedor. Lo hizo de tal manera que se podían ver simultáneamente cinco caras y una cruz. **¿Cómo fue capaz de hacerlo?**

JUEGOS: RAÚL ESPADA GARCÍA / ILUSTRACIONES: CARLOS CABAÑAS ONSURBE

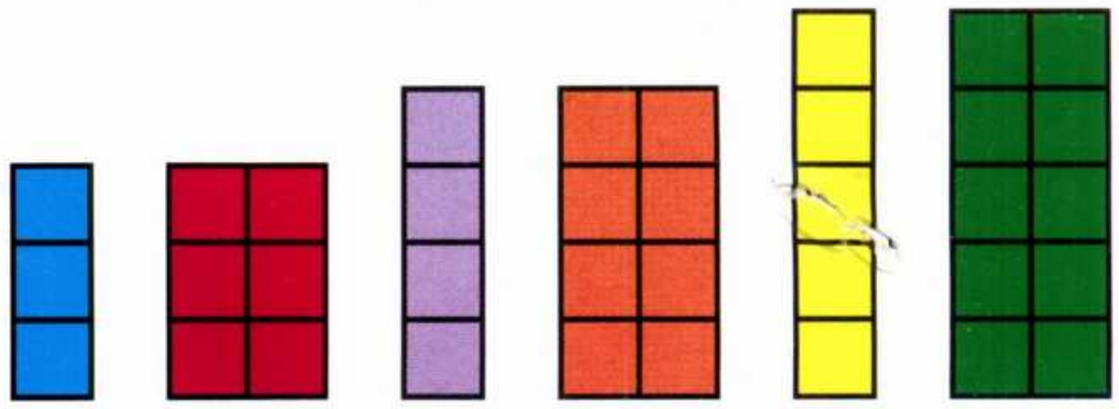
Palabras en común

¿Qué tienen en común las palabras en color azul del siguiente texto?

Mi **bisabuelo**, un **republicano** de toda la vida, se volvió a **equivocar** al resolver la **ecuación**, ya que no estaba concentrado en el **enunciado** al haber un **murciélago** donde estaba **estudiando.**

Cuando las cosas cuadran

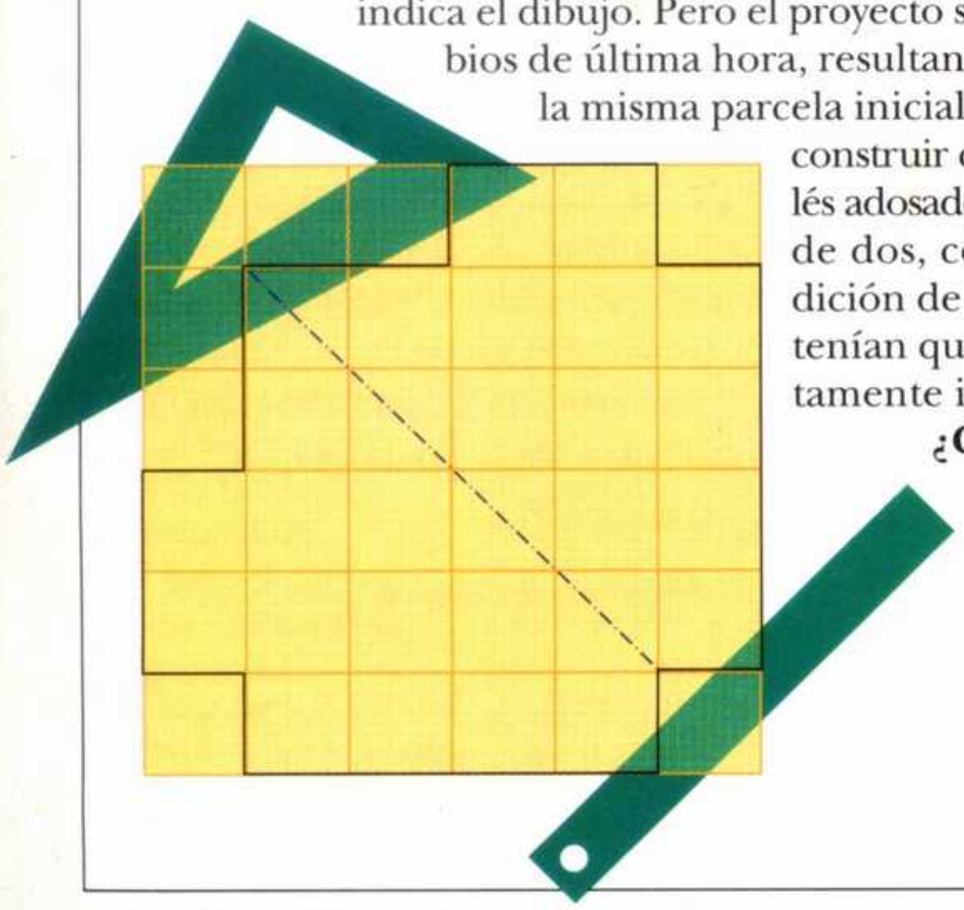
¿Se puede formar un cuadrado perfecto con las siguientes seis piezas?



Cambios en el proyecto

Una pequeña empresa había planificado la construcción de dos chalés adosados en la parcela A, tal como indica el dibujo. Pero el proyecto sufrió cambios de última hora, resultando que en la misma parcela inicial se debían construir cuatro chalés adosados en lugar de dos, con la condición de que todos tenían que ser exactamente iguales.

¿Como es posible?



El hombre de rojo

Entre los años 1990 y 1995, a Marcos le entró la manía de vestirse totalmente de rojo un día si y otro no consecutivamente

El día de la boda de su hermano Jaime, un 18 de Enero, le tocó ir de rojo, siendo el centro de atención de todos los invitados

El 18 de Marzo, dos meses despúes, Marcos volvió a ver a su hermano. Jaime llevaba un elegante traje. Marcos iba totalmente de rojo.

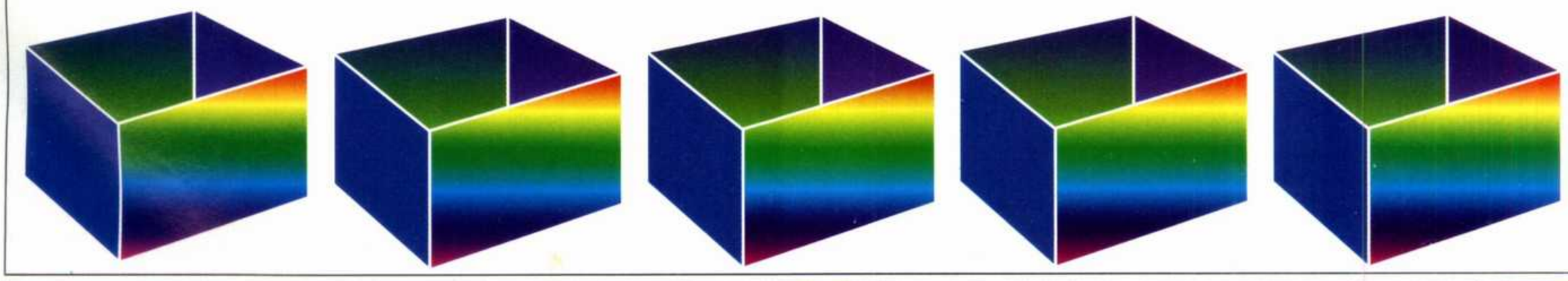
¿En qué año celebrarán Jaime y su mujer las *bodas de oro*?.

Cajas sorpresa

A Pilar le encantan las manzanas. Si quiere conseguir una, tendrá que elegir la caja adecuada de las cinco que hay en la mesa. Las pistas de las que disponemos son las siguientes:

- Hay una caja de caramelos entre dos cajas de manzanas
- Hay una caja de manzanas entre dos cajas de caramelos
- Hay una caja de caramelos entre una caja de manzanas y otra de caramelos

¿Qué caja aconsejarías a Pilar que cogiera?



SOLUCIONES EN EL PRÓXIMO NÚMERO

LAS SOLUCIONES DEL NÚMERO ANTERIOR EN PÁGINA 64